

로드킬 예방을 위한 Eco-Fence 개발 연구 최종보고서

2013. 02. 28

주관연구기관 / 이앤에이치씨(주)

공동연구기관 / (주)애드윈

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하
이 보고서를 "건설교통R&D정책인프라사업"과제(세부과제 "로드킬 예방을 위한 Eco-Fence 개발")의 보고서로 제출합니다.

2013 . 02 . 28

주관연구기관명 : 이앤에이치씨(주)

주관연구책임자 : 송 동 하

연구원 : 신승구

" : 신대만

" : 장미경

" : 이종복

" : 박성선

" : 우종길

" : 오창걸

공동연구기관명 : (주)에드윈

공동연구책임자 : 장춘식

연구원 : 이경규

" : 유진우

" : 류동승

" : 강태현

" : 이일주

" : 김태준

" : 이일주

" : 조명신

" : 이일주

" : 하혜정

보고서 요약서

과제고유번호	11TRPI-C0 57409-02	해 당 단 계 연 구 기 간	'12.05.01 ~ , 13.02.28		단 계 구 분	2/2
연 구 사 업 명	중 사 업 명	국토부사업				
	세부사업명	건설교통 R&D 정책인프라사업				
연 구 과 제 명	대 과 제 명					
	세부과제명	로드킬 예방을 위한 Eco-Fence 개발				
연 구 책 임 자	송동하	해당단계 참 여 연구원수	총 : 13명 내부: 13명 외부: 0명	해당단계 연 구 비	정부 : 108,463천원 기업 : 74,840천원 계 : 183,303천원	
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 19명 내부: 19명 외부: 0명	총연구비	정부 : 300,000천원 기업 : 207,000천원 계 : 507,000천원	
연구기관명 및 소 속 부 서 명	이앤에이치씨(주) (주)에드윈		참여기업명		이앤에이치씨(주) (주)에드윈	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :			
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :			
요약				보고서면수		182
- Eco-Fence 개발 - 적외선 센서에 의한 동물 진입 인식용 센서부와 동물의 진입을 차단하기 위한 비정형 초음파 발생 및 LED 섬광, 동물 위협용 동작기를 포함하는 일체형 제품 개발 - 소규모 태양광 패널에 의한 전원공급 장치 개발 - Main Controller 개발 - Eco-Fence의 동작상황을 상황관리시스템에 전달하고 Eco-fence에 동작을 지시하는 게이트웨이 기능 개발 - 상황관리시스템 시범구축 - Eco-Fence의 동작상황을 인터넷을 통해 서비스하는 기능 개발 - 현장설치 장비의 통합적 관리 담당 - 환경내구스펙 결정 및 시험평가 - Eco-Fence 사용환경 자료조사를 통한 내구품질관련인자 도출 - 시험항목 및 시험프로파일 도출 - 핵심모듈의 내환경성 시험실시 및 분석						
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	로드킬, 동작감지 센서, 초음파 발생기, 중앙제어기, 센서네트웍				
	영 어	Road-kill, Motion detecting sensor, Ultra-sonic generator, Main-Controller, USN				

요 약 문

I. 제목

로드킬 예방을 위한 Eco-Fence 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 야생동물이 도로를 횡단하는 과정에서 교통사고가 발생되어 운전자에게 치명적인 사고를 유발함과 동시에 사고를 당한 야생동물의 사체로 인한 2차 사고 유발 등으로 생태계 파괴에 미치는 영향이 커지고 있어 인간과 생태계에 영향을 최소화하는 예방대책 시급
- 야생동물의 직접적인 위해는 최소화하면서 초음파와 동물소리, LED 섬광 등의 복합적인 퇴치기능을 갖춘 Eco-Fence 및 Main Controller를 개발하고 동물의 퇴치이력을 관리할 수 있는 상황관리시스템 시범구축
- Eco-Fence 및 Main Controller의 환경내구성 및 현장 적응성에 대한 평가를 통해 성능 및 품질을 확인하고 네트워크 기반의 원격관리와 종합상황실 운영이 가능한 IT기술 결합형 친환경 로드킬 예방기술 개발

III. 연구개발의 내용 및 범위

- Eco-Fence 개발
- Main Controller 개발
- 상황관리시스템 시범구축
- Eco-Fence 및 Main controller의 환경내구성 시험 및 현장시험 평가

IV. 연구개발결과

- Eco-Fence 개발
 - 적외선 센서에 의한 동물 진입 인식용 센서부와 동물의 진입을 차단하기 위한 비정형 초음파 발생 및 LED 섬광, 동물 위협용 동작기를 포함하는 일체형 제품개발
 - 소규모 태양광 패널에 의한 전원공급 장치 개발
- Main Controller 개발
 - 센서의 동작상태 확인 기능

- 관측정보의 상황관리시스템 전송 기능
- CCTV 촬영 및 영상정보 전송기능
- Eco-Fence와 상황관리시스템과의 양방향 통신 제어기능
- 상황관리시스템으로부터 전달된 Eco-Fence 동작 제어기능
- 상황관리시스템 시범구축
 - Eco-Fence 동작이력 정보 DB 설계
 - 현장장비 감시 및 제어 기능
 - 통계분석 기능 및 다양한 외부 정보와 융합을 통한 정보서비스 기능
- Eco-Fence 및 Main controller의 환경내구성 시험 및 현장시험 평가
 - 환경내구 품질평가기준조사 및 Spec.결정
 - Eco-Fence 및 Main controller 환경내구성 시험
 - 파주, 새만금, 영월 등에 대한 현장시험 실시를 통한 고라니 퇴치효과 확인

V. 연구개발결과의 활용계획

- 국립공원관리공단과 야생동물 보호를 위한 시범사업 실시
 - U-서비스 사업 일환으로 지리산 국립공원에 11월 경 시범사업 추진
- 해외수출용 기술개발 및 시장개척
 - 판금 전문업체와의 협력을 통한 대량생산 체계 구축
 - 고라니외 멧돼지 등에 대한 퇴치효능 입증을 위한 지속적인 기술개발로 해외수출용 장치 개발 및 해외시장 개척 추진

SUMMARY

I. Title

Development of Eco-Fence for protecting road-kill of wild animal

II. Purpose and Needs of the Project

- The road-kill of wild animals not only makes the fatal accident for driver, but also makes the serious problem of ecosystem by bringing another accidents because of dead body of animals, which is gathered to eat to another animals. The protecting method of road-kill is needed ecologically sound and humane to make win-win both human and wild animals.
- The first purpose is the development of Eco-Fence which has function to generate the ultrasonic sound and LED flash etc. and main-controller which is functioning gateway between Eco-Fence and management system.
- The second is the development of Eco-Fence management and integrating system which is monitoring of Eco-Fence detecting movement of animal and analyzing the statistics of events, etc..
- The final is reliability testing and evaluation of Eco-Fence and main-controller by pilot testing

III. Contents and Scope of the Research and Development

- Development of Eco-Fence
- Development of main-controller
- Development of Eco-Fence management and integrating system
- Development of the procedure for reliability testing and evaluation of Eco-Fence and main-controller by pilot testing

IV. Result of the Research and Development

- Development of Eco-Fence
 - Detecting the invasion of animals and human by PIR sensor.
 - Threatening the animals by generating the random ultrasonic sound from 20KHz to 35KHz in frequency, flashing LED and mechanical action, such as rotation or flap of wings, etc..
 - Power supplying with solar panel, 20 W capacity.

- Development of main-controller
 - Checking the operating status of Eco-Fences with short range communication by Zibgee.
 - Functioning as gateway between Eco-Fence and management system.
 - Transferring the control message to Eco-Fence for acting commanded through management system by user.
 - Transferring the CCTV movies to management system
- Development of Eco-Fence management and integrating system
 - Designing the DB of events information of Eco-Fences
 - Monitoring and controlling the Eco-Fences
 - Web service the operating events and the statistical information of the Eco-Fences with comparing the weather conditions and detecting times.
- Development of the procedure for reliability testing and evaluation of Eco-Fence and main-controller by pilot testing
 - Surveying the driving characteristic of Eco-Fence modules and main-controller and designing of testing procedure
 - Evaluation of reliabilities under severe environmental conditions, such as hot or cold temperature and flushing rain, etc..
 - Design and evaluation of pilot tests in Paju, Saemankuem and Youngwol.

V. Applicable Planning of the Research Results

- Test-bed implementation of Eco-Fence system with the Korea National Park Service
 - Using the developed Eco-Fence to the test-bed of repelling of animals in Jirisan National Park on November.
- Development of Eco-Fence for export and marketing
 - Building a cooperative system with professional company in sheet metals for mass-production.
 - Continuously improving the performance of Eco-Fence and verifying the expelling effectiveness of the animals, such as wild boars and water deers for abroad export.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	11
1.1 Purpose and Needs of Developed Technology	11
1.2 Scope of the Research and Development	18
Chapter 2. Domestic and Foreign Status of Related Technologies	21
2.1 Domestic Status of Related Technologies and Industries	21
2.2 Foreign Status of Related Technologies and Industries	31
Chapter 3. Results of Research and Development	36
3.1 Development of Eco-Fence	36
3.2 Development of Main Controller	66
3.3 Demonstration of Monitoring & Management System	76
3.4 Environment Durability Test and Evaluation of On-Site application	83
3.5 Conclusion	96
Chapter 4. Attainment of Project and Contribution to Related Research Areas	98
4.1 Final Goals and Evaluation Procedure	98
4.2 Goals and Evaluation Procedure of each stage	100
4.3 Goals Achievement Degree	102
4.4 Expected Effect of Research & Development	103
Chapter 5. Applicable Planning of the Research Results	108
Chapter 6. Reference	113

목 차

제 1장 연구개발과제의 개요	11
제 1절 개발 기술의 목적 및 필요성	11
1. 연구 배경 및 목적	11
2. 필요성	14
제 2절 연구개발의 내용 및 범위	18
1. Eco-Fence개발	18
2. 메인 컨트롤러 개발	19
3. 상황관리시스템 시범구축	19
4. 환경내구성 시험 및 현장시험 평가	20
제 2장 국내외 기술개발 현황	21
제 1절 국내 기술 및 산업 동향	21
1. 국내 로드킬 관련 연구동향	21
2. 국내 로드킬 관련 특허동향	27
제 2절 국외 기술 및 산업동향	31
1. 국외 로드킬 관련 기술동향	31
2. 국외 로드킬 관련 특허동향	32
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과	36
제 1절 Eco-Fence 개발	36
1. 동작감지 센싱 기술	36
2. Eco-Fence 발생기	44
제 2절 메인 컨트롤러 개발	66
1. 하드웨어 아트웍 및 개발	66
제 3절 상황관리시스템 시범구축	76
1. 시스템 설계	76
2. 시스템 개발	79

제 4절 환경내구성 시험 및 현장시험 평가	83
1. 수행절차 및 절차별 내용	83
2. 환경내구성 시험결과	92
3. 현장시험 설치 운영 및 결과	93
제 5절 결론	96
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	98
제 1절 최종 목표 및 평가방법	98
1. 최종목표	98
2. 개발기술의 평가방법 및 평가항목	99
3. 핵심키워드	99
제 2절 단계 목표 및 평가방법	100
1. 단계 목표 및 내용	100
2. 평가방법 및 평가항목	101
제 3절 연구개발 목표달성도	102
1. 연구개발목표 달성도	102
제 4절 연구개발의 기대효과	103
1. 정성적 기대효과	104
2. 정량적 기대효과	106
제 5장 연구개발결과의 활용계획	108
제 1절 사업화 계획	108
1. 시장전망	108
2. 사업화 방안	108
제 6장 참고문헌	113
부록1. 동물 반응 조사	115
부록2. 사업화 추진 노력	119
부록3. 각종 전시회 참가 실적	121
부록4. 연구결과 뉴스 방송	123

부록5. 지적재산권 획득현황	124
부록6. Eco-Fence 시험성적서	126
부록7. 메인 컨트롤러 시험성적서	131
부록8. 기술가치평가서	176

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 개발 기술의 목적 및 필요성

1. 연구 배경 및 목적

하나의 생물종이 만들어지고 변화를 거쳐 새로운 종으로 분화한 후 자연현상에 의해 멸종되고, 멸종된 공간에는 새로운 종이 생겨나는 현상은 지극히 당연한 생태계의 질서이다. 이러한 과정을 거쳐 생태계의 구성원이 되어 인류와 함께 살아가고 있는 야생 동, 식물은 약 1,000 만종에서 3,000만종에 이르는 것으로 추정하고 있다. 이들은 각자 선호하는 서식환경을 찾아 생태계의 균형을 이루고 있으며, 다른 종과의 상호작용을 통해 직, 간접적으로 생태계에 영향을 미치고 있다. 그러나 급격한 경제성장과 산업화 과정에서 생태계를 고려하지 않은 개발로 인해 야생동물서식지가 파괴되고 서식환경 여건이 악화되어 해마다 0.5%씩 종의 수가 감소하고 있다. 이는 자연적으로 이루어지는 멸종 속도의 1,000배에 해당하는 것이며, 이러한 비율로 멸종이 지속 될 경우 20~30년 내에 전체 생물의 20~30%가 멸종할 것으로 전문가들은 예견하고 있다¹⁾.

생활환경개선과 사회간접자본시설 확충을 목적으로 조성된 도로·철로는 인간에게 편리함과 경제적인 발전에 기여하지만 생활환경의 질 저하와 자연환경에 영향을 미친다. 특히 도로건설은 야생동물에게 서식지 단절과 함께 유전적 교환을 차단함으로써 환경에 대한 적응력을 약화시킨다. 야생동물은 먹이, 식수확보, 번식, 분산 등을 위해 위험을 감수하고라도 도로를 횡단하려는 본능적 습성에 따라 동물교통사고(로드킬: Road-kill)가 발생된다²⁾. 야생동물의 로드킬은 도로 인근 지역에 서식하는 야생동물 개체군의 주요한 감소원인이 될 수 있으며, 중·대형 야생동물이 차량과 충돌하는 경우에는 사람 안전을 위협할 뿐만 아니라 차량 파손 등 물질적 피해까지 발생시키게 된다³⁾. 또한 도로에 겨울철 제설작업을 위해 소금 성분이 함유된 물질을 살포하는 경우 미네랄이 결핍된 유제류들이 도로 가장자리와 도로 포장의 갈라진 틈에 남아있는 염분을 핥기 위해 접근하였다가 로드킬이 발생되기도 한다⁴⁾.

우리나라에서 로드킬로 희생되는 종은 고라니(*Hydropotes inermis*), 너구리(*Nyctereutes procyonoides*), 멧토끼(*Lepus coreanus*) 등으로 2006년부터 2011년까지 발생한 야생동물 로드킬의 연도별 발생현황은 2006년 1,441개체,

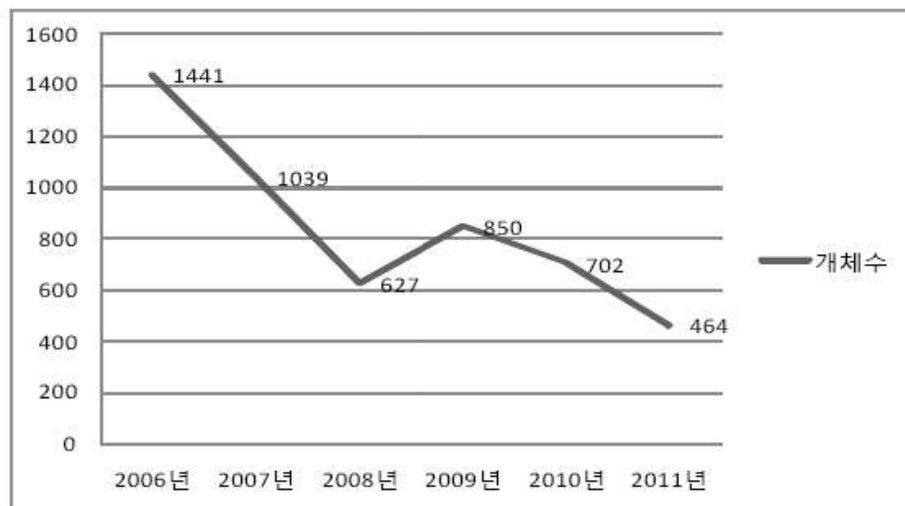
1) 환경부, 2006, 멸종위기야생동물 증식·복원 종합계획, 재인용

2) 송정석,이경재,이경석,전익요, 2011, 포유류 로드킬 저감을 위한 고속도로 유도울타리 효율성 및 개선방안 연구 -중앙고속도로 만종~홍천 구간을 사례로 -, 한국환경생태학회지, 649~657

3) Finder, R.A., J.L. Roseberry and A. Woolf, 1999, Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. Landscape and Urban Planning 44: 77- 85.

4) Fraser, D. and E.R. Thomas, 1982, Moose-vehicle accidents in Ontario: relation to highway salt. Wild. Soc. Bull. 10: 261-265.

2007년 1,039개체, 2008년 627개체, 2009년 850개체, 2010년 702개체, 2011년 464개체로 6개의 모니터링 조사구간을 신설한 2009년에 로드킬 발생이 소폭 증가하였으나 전체적으로 매년 감소하고 있다(그림 1)⁵).



<그림 1> 야생동물 로드킬 연도별 발생현황(2006 ~ 11)

2009년 강원지역 고속도로의 로드킬 317마리 중 고라니는 272마리로 86% 차지할 정도로 높은 비중을 차지하였는데⁶), 이처럼 로드킬 사고의 대부분이 고라니인 이유로는 천적인 대형 포식동물이 사라지면서 최근 개체수가 크게 증가했을 뿐만 아니라 초본류가 풍성한 개활지를 선호하는 고라니 생태특성상 수목이 많은 산악을 벗어나 먹이 활동을 위해 구릉지로 이동 습성이 있어 로드킬에 많이 희생되는 것으로 알려져 있다. 특히 고라니는 한반도가 주요 서식처이고 우리나라 고유종이지만 현재 세계적으로 개체군이 감소하고 있으며, 많은 개체들이 국내도로에서 로드킬로 희생되고 있어 국가 생물다양성 차원에서 보호가 필요하다.



<그림 2> 동물별 로드킬 건수

(출처 : 중앙일보, 2009.08. 한 해 3000건 로드킬, 운전자 안전까지 위협한다
http://article.joinsmsn.com/news/article/article.asp?total_id=3728234)

5) 국립공원연구원, 2012, 국립공원 관통 도로의 야생동물 로드킬 발생과 생태통로 이용 현황, p.14.

6) <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0005351779>

<표 1> 2005 ~ 2009 야생동물별 로드킬 발생현황

연도별	계	고라니	너구리	멧토끼	족제비	오소리	삵	노루	사슴
계	13,598	8,814	3,187	987	210	154	134	109	3
2005년	3,241	1,779	876	366	62	69	26	61	2
2006년	2,960	1,821	820	196	46	24	27	25	1
2007년	3,216	2,167	777	199	24	21	14	14	0
2008년	2,286	1,557	456	158	51	23	34	7	0
2009년	1,895	1,490	258	68	27	17	33	2	0

(출처 : 한국도로공사 2010 국정감사 자료⁷⁾)

로드킬을 예방하기 위한 방법으로 활용되고 있는 기존 기술 중에 대표적인 것으로는 생태통로와 펜스를 들 수 있다. 이 중 생태통로란 도로•댐•수중보•하구언 등으로 인하여 야생동•식물의 서식지가 단절되거나 훼손 또는 파괴되는 것을 방지하고, 야생동•식물의 이동을 돕기 위하여 설치되는 인공구조물•식생 등의 생태적 공간을 말한다(자연환경보전법 제2조). 이는 단절된 생태계를 연결해 주는 설비로서 효과가 탁월하나 1개소 생태통로 설치에 비용이 20억 정도가 소요되는 단점이 있다. 또한, 생태통로는 동물의 이동특성을 고려하여 동물이 편안하게 이용할 수 있는 지역에 설치가 되어야 하며 각 지역의 특성에 따라 다양한 형태의 생태통로를 조성할 수 있다⁸⁾. 펜스에는 침입방지펜스와 유도펜스가 있는데 명칭은 그 용도에 따라 다르지만, 구조나 설치 방법에서는 동일하다. 환경부에서는 따르면 현재로는 로드킬을 방지할 가장 효과적 대책으로 제시되고 있고 도로공사와 함께 펜스 표준조성 지침을 마련 중에 있다. 국내의 경우 설치 시 소요 비용이 5만원/m 정도가 소요되며, 3단 펜스의 경우 21만원/m의 고가 펜스도 있으며, 펜스의 단점으로는 1) 생태계를 단절시키고, 2) 국도, 지방도, 군도의 농경지와 인접한 2차선 간선 일반국도에는 여러 생활여건상 설치가 불가능하다는 점을 들 수 있다.

그 외에도 사슴용 경적이나 소각소리, 도로 반사경, 거울, Deer-Fagging 모형, 먹이차단, 도로변 퇴치제 살포 등과 같이 동물이 도로로 접근하는 것을 방해하기 위한 수단이 사용되기도 하고⁹⁾, 동물출현 지역을 통과하는 운전자의 주의력 환기를

7) http://www.ex.co.kr/portal/opn/announcement/asses/igo_report/2010/1193349_4692.jsp?clickParentNum=3&clickNum=30&pageRow=10&startRow=1&strYear=2010&pageURL=/portal/opn/announcement/asses/igo_report/notice

8) 환경부, 2010, 생태통로 설치 및 관리지침.

9) 박창열, 2010, 국내기관 야생동물 교통사고 관리실태 및 합리적인 저감 대책방안, 서울시립대학교 석사논문

위해 로드킬이 집중되는 위치나 시기에 도로전광표지판(VMS)나 네비게이션 안내를 통하여 안내방송을 하는 정책을 추진하고 있다(2008년 7월부터 환경부가 확대 실시)으나 지속적인 효과를 기대하긴 어려운 실정이다.

따라서, 기존의 생태통로나 유도펜스 및 호랑이 소리 등에 의한 로드킬 예방방식과 달리 인간과 생태계에 영향을 최소화하면서 로드킬 예방 효과를 극대화할 수 있는 새로운 방식의 접근이 필요한데, 본 기술사업화 과제에서는 초음파발생기를 이용해 동물만을 선택적으로 회피토록 만드는 Eco-Fence 발생장치를 개발하고 각 장치로부터 관측된 정보는 Main Controller를 통해 상황실에 전달되고 상황실에서는 1차적인 분석 및 대응에 필요한 통합관리 기능을 갖춘 상황관리시스템을 구축하는 것을 포함하고 있다. 이때, Eco-Fence 발생장치의 현장 적응성 및 내구성 등에 대한 평가를 통해 성능이나 품질을 확인함으로써 사업화에 필요한 기술적인 검토를 실시하고 현장적용을 통해 향후에 국토해양부와 함께 시범사업화가 가능한 수준의 제품을 생산하는 것을 목적으로 한다.

2. 필요성

가. 환경적 필요성

전국의 주요 도로를 연결하면서 생태계가 단편화(Fragmentation)되고 이로 인해 생태적으로 안정 상태에 있던 모든 구성원이 서식공간이 단절됨으로 인해 생태계의 교란을 초래하게 된다. 도로건설 부지에 편입된 토지는 절토사면으로 변하여 야생동물을 위협에 노출시키는 도로의 주연부가 되고 생태적 교란효과(Disturbance Effect)로 인해 야생동물의 도로진입 빈도를 증가시켜 차량과 충돌을 증가시키는 공간으로 변해가고 있다¹⁰⁾. 환경부에서는 국가적 생태네트워크구축의 가장 강력한 위협요인을 도로의 선형(線形) 구조물로 판단하고, 서식처 파편화 및 생물 종 고립 심화를 막을 방안으로 1996년 국내최초로 지리산 시암재에 야생동물 이동통로를 설치한 이후에 2008년에는 전국에 379 곳의 생태통로가 설치되었다. 하지만, 최근의 실태조사에 따르면 대부분의 생태통로가 상당수 동물들 습성과 안 맞아 동물들이 외면하고 있는 것으로 나타났다.

생태계가 단절되어 단편화 현상이 증가할수록 야생 동물 서식지의 전체 면적이 작아지고, 이로 인해 야생동물 개체군을 고립 시키는 역할을 하게 됨과 동시에 그 개체군이 갖고 있는 유전적 다양성이 감소하게 된다. 자연발생적이든 인위적이든 생물 종은 개체군의 크기가 작을수록 멸종에 이르는 시간이 빨라진다. 따라서, 도로건설을 보다 친환경적으로 조성, 관리함으로써 도로의 근본적인 기능이 빠른 교통수단의 제공과 함께 이용자의 안정성 확보, 야생동물의 보호 등의 다양한 목적을 동시에 충족할 필요가 있으며, 최근에는 언론을 통해 로드킬로 인한 보상 및 구상

10) 대구지방환경청, 2004, 야생동물 이동통로의 설치현황과 국내·외 설치사례보고서, pp.7~42.

권 청구소송이 늘고 있다는 것을 보아도 로드킬에 대한 친환경적 대응책은 시급한 실정이다.

국토해양부에 따르면 우리나라는 산업화와 국토개발이라는 명분하에 1995년 도로 총 연장이 74,237 km에 달하였으나, 2000년, 88,775 km로 20% 가 증가 하였으며, 그로부터 5년 뒤인 2005년에는 102,293 km로 15% 증가 하여서, 2007년에는 103,019 km에 달하고 있다. 이러한 도로시설의 증가는 전국의 주요 도로를 연결하면서 생태계를 단편화(Fragmentation)시키고, 생태적으로 안정 상태에 있던 모든 구성원을 혼란시키며 야생동물의 서식공간 분절을 촉진한다.

환경부에서는 국가적 생태네트워크 구축의 가장 강력한 위협요인을 도로의 선형(線形) 구조물로 판단하고, 서식처 파편화, 및 생물 중 고립 심화를 막을 방안으로 1996년 국내최초로 지리산 시암재에 야생동물 이동통로를 설치하였으며¹¹⁾, 매년 하나에 10억 ~ 20억원의 비용이 드는 새로운 생태통로를 새로 짓어 2008년 기준 전국에 379 여곳에 달한다. 그 결과 우리나라는 네덜란드, 프랑스, 미국에 이어 세계에서 생태통로가 4번째로 많은 나라로 수로, 교량 등도 생태통로로 활용하고 있으며 이는 도로 133m에 하나 꼴로 설치되었다. 하지만, 상당수의 생태통로는 동물들의 이동 습성과 맞지 않아 동물들이 외면하고 있어 조사결과 제구실을 하는 곳은 절반가량에 지나지 않는 것으로 나타났다. 이에 따라 동물이 다니기 편하도록 개선하고 유도 펜스를 설치하는 편이 비용도 줄이고 효과적이란 지적도 있다. 하지만, 펜스 역시 관리가 부실한 경우에는 구멍이 나거나 마무리가 잘못된 빈틈이 발생하게 되는데 이를 통해 도로로 들어온 야생동물이 빠져 나가지 못하는 함정 구실을 하는 경우도 있어 친환경적인 대안이 절실한 실정이다.



<Eco-Fence 설치 후보 지역>

■ 저가형 펜스 개발 시급

- m당 14만~21만원에 이르는 고가형 펜스는 미관을 중시해야 하는 도로에 설치되고 있으나 최근 국도 곳곳에 설치되고 있어 예산의 낭비가 우려
- 동물의 생태이동을 유도하고 미관을 해치지 않는 친환경 펜스의 국내기술 도입으로 설치 단가를 낮추고 효과적으로 운영할 수 있는 유도형 펜스의 개발이 시급

■ 동물의 이동 특성에 대한 연구 자료 필요

- 국립환경과학원 생태복원과(최태영 동물생태학 박사)는 “도로를 설계할 때부터 동물이 이용할 수 있도록 배려를 하면 굳이 값비싼 생태통로를 만들지 않아도 된다”며 “동물의 이동특성을 연구해 그들의 눈높이에 서는 것이 중요하다”라고 말했다.
- 유도 펜스를 통해 생태관련 자료를 수집하고 동물의 종류별 이동 습성에 대한 연구자료를 수집할 수 있어 동물별 행동 변화 유도와 관련된 활용자료로서의 활용가치가 클것임.

한겨레 조홍섭 기자
<http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/291574.html>

<그림 3> Eco-Fence 필요성 및 후보지역 예시

로드킬을 예방하기 위해 한국도로공사에서는 2001년부터 생물이동통로를 설치

11) 한국자연환경연구소, 2002, 생태통로설계지침마련 및 부대시설 설계기준, pp. 80~88.

하였으나 로드킬은 줄지 않고 오히려 증가하였는데 그동안 국내의 생물이동통로 한계를 인식한 후 2005년부터 야생동물 유도울타리를 고속도로에 본격적으로 설치하고 있다. 연도별로 설치거리를 보면 2007년까지 255km, 2008년 417km, 2009년 245km, 2010년 108km, 2011년 88km, 2012년 179km로 총 1,113km에 유도울타리가 설치되었다(그림 4).

야생동물 보호시설 설치현황

● 생태통로 설치

- 2001년 이후부터 고속도로에 생태통로를 설치하기 시작하여 현재 총 53개소의 생태통로가 설치되어 있습니다.

구분	육교형	터널형		기타
		포유류용	양서·파충류용	
53개소	19개소	17개소	11개소	6개소

※ 기타는 하늘다람쥐 전용 생태통로임.

● 야생동물 유도울타리 설치

- 야생동물 교통사고가 잦은 구간을 중심으로 유도울타리를 지속적으로 설치하고 있습니다.

계	2007년까지	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
1,113Km	255Km	417Km	245Km	108Km	88Km	179Km

<그림 4> 고속도로 야생동물 보호시설 설치현황

(출처 : 한국도로공사, 야생동물 교통사고예방대책, 녹색환경처 녹색환경팀

http://www.ex.co.kr/portal/cus/public_relations/e-environment/wild_animals/1191372_3493.jsp?clickParentNum=4&clickNum=54)

야생동물 로드킬 현황을 고속도로 및 국도 등의 도로 중심으로 살펴보면, 2006년부터 2009년까지 4년간 총 10,357건으로 나타났다. 특히 대형 포유류인 고라니가 7,035 건으로 월등히 많았으며, 그밖에 너구리, 멧토끼, 족제비 등 중형포유류의 도로 횡단 중 사고가 많은 것으로 조사되었다. 이런 로드킬은 도로 인접지대의 개발과 통행량 등에 크게 영향을 받는 것으로 판단되며, 한국도로공사와 환경부 등 기관 자료를 분석해 보면 2006~2009년까지 4년간 11,853건의 로드킬이 발생하였으며¹²⁾, 특히 개발로 인한 생태환경이 급격하게 변한 지역에서의 증가 추세가 뚜렷함을 볼 수 있어 대책 마련이 시급하다 하겠다.

이러한 관점에서 본 기술사업화 과제를 통해 개발하고자 하는 기술은 기존에 활용되어온 로드킬 예방기술과 비교하여 상대적으로 저렴하면서 위험한 도로구간에 대해서는 동물의 이동을 차단할 수 있으며 생태통로 등과 연계하여 운영할 경우에는 안전한 이동통로로 유도하는 기능도 구현할 수 있다. 즉, 동물들에게 선택적으로

12) http://www.ex.co.kr/portal/opn/announcement/asses/igo_report/2010/1193349_4692.jsp?clickParentNum=3&clickNum=30&pageRow=10&startRow=1&strYear=2010&pageURL=/portal/opn/announcement/asses/igo_report/notice

영향을 미치는 초음파 발생기를 통해 상대적으로 생태계에 영향을 덜 미치는 기술을 사용하고 좁은 도로의 경우에는 차량의 이동이 없는 경우에는 빠른 이동을 유도할 수 있어 펜스와 같이 물리적으로 생태계를 단절시키는 기술과 비교하여 친환경적이다. 또한, 도로 주변을 통행하는 사람들에게는 실질적인 영향을 거의 미치지 않는다는 측면에서는 민원의 소지가 발생하지 않는 사회·환경적으로도 유리한 기술이라고 하겠다.

나. 경제적 필요성

생태환경을 보전하고 도로의 순기능을 확보하기 위해서는 로드킬에 대한 예방 대책이 경제적인 측면에서도 대단히 중요하다. 해외의 사례에서나 국내외의 손해보험회사의 보고에서도 로드킬로 인한 경제적 피해는 상당히 심각한 것으로 보고되고 있다. 우리나라에서는 2005 ~ 2007년 매년 평균 6천여 건의 로드킬이 발생하며, 그 중 유료도로를 관리하는 한국도로공사 관리구역에서는 약 3천여 건의 로드킬이 발생하고 있다. 연간 6천여 건의 로드킬 사고는 운전자 및 피해자의 교통비용을 제외하고 단순 물피사고 환산기준으로 보더라도 연간 65억의 교통사고 손실 비용이 발생하고 있는 것으로 예측하고 있다¹³⁾. 이와 더불어 한국도로공사에서는 1996년부터 로드킬과 관련된 소송건이 약 39건으로 그 중 2003년부터 2008년까지 6년간 36건의 소송이 접수되어 해마다 증가되고 있는 추세이다. 이로 인한 2차 사고는 총 44건으로 부상자가 14명이지만 실제 사고후유증이 사망사고로 연결되어 소송이 발생하는 일도 잦아지는 실정이다. 이에 따라, 1996년부터 2008년까지의 소송금액도 약 7억 5천억원으로 2004년까지는 법원에서는 불가항력적인 사유를 들어 한국도로공사가 100% 승소하였으나, 2005년부터는 339,000원, 2006년 2,050,000원, 2007년 1,280,000원을 배상하는 등 최근에는 운전자가 승소하는 추세로 로드킬에 대한 도로관리권자의 책임이 증가하고 있다¹⁴⁾.

Knapp 등(2004)¹⁵⁾의 연구에 의하면, 효과가 입증된 상태의 활용 가능한 기법은 생태통로조성과 펜스를 설치하는 방법이 유일하지만 생태 통로는 1개소 설치하는데 소요되는 비용이 20억 정도이고, 그 효율성 측면에서도 논란이 많이 있다. 그래서, 하나에 10억 ~ 20억원의 비용이 드는 새로운 생태통로를 건설하기 보다는 기존의 수로 등을 활용하여 동물이 다니기 편하도록 개선하고 유도 펜스를 설치하는 편이 비용도 줄이고 효과적이란 주장도 있다. 하지만, 펜스 역시 관리부실로 구멍이 나거나 마무리가 엉성해 빈틈으로 들어온 야생동물이 빠져 나가지 못하는 함

13) 송정석, 2009, 고속도로 야생동물 유도울타리 설치에 따른 포유류 로드킬 저감효과 연구 : 중앙고속도로 만중-홍천 구간을 사례로, 서울시립대학교, 석사학위논문.

14) 송정석, 2009, 고속도로 야생동물 유도울타리 설치에 따른 포유류 로드킬 저감효과 연구 : 중앙고속도로 만중-홍천 구간을 사례로, 서울시립대학교, 석사학위논문. 재인용

15) Knapp,K.K.,2004, Deer-VehicleCrash CountermeasureToolbox:A Decision and Choice Resource. Madison : Midwest Regional University Transportation Center Deer - Vehicle Crash Information Clearing house, 263pp.

정 구실을 하고 있어 로드킬을 예방함에 있어 비용효과적인 측면에서 경쟁력이 있는 별도의 대안이 절실하다.

결과적으로 본 기술사업화 과제를 통해 개발하게 될 기술은 로드킬을 예방함으로써 사회경제적인 손실을 저감할 수 있으며 제품의 가격측면에서도 800만원/100m 수준으로 경쟁력을 갖추고 로드킬을 예방함과 동시에 동물의 이동특성 등과 같은 생태정보를 모니터링 할 수 있는 복합기능을 갖춘 시스템으로 확대발전시킴으로써 기존 제품과 비교하여 확실한 경제성을 확보할 수 있을 것이다.

다. 기술적 필요성

본 기술사업화에서는 로드킬을 예방하기 위하여 기존에 사용하였던 생태통로나 펜스 그리고 동물의 울음소리 등과 같은 기술이 가지는 단점을 보완하고 생태적이면서 인간의 생활에도 지장을 초래하지 않는 초음파 등을 이용한 Eco-Fence 기술을 적용할 것이다. 하지만, 동물의 일반적인 특성이 동일한 형태의 외부자극에 대해서는 여기에 익숙해지는 경향이 있으므로 초음파 발생장치도 하나의 주파수만을 발생시키는 것이 아니라 무작위로 주파수를 변경하여 발생하는 것이 필요하며, 초음파와 같이 청각 자극 방법 외에도 시각이나 후각을 자극할 수 있는 기술을 접목하여 동물이 익숙해 지는 것을 방지할 수 있는 기술개발이 필요하다.

또한, 이 장치는 기본적으로 외부 환경에 장기간 노출되어서 작동되어야 한다는 측면에서 환경내구성에 대한 검증을 거치는 것은 대단히 중요하다. 사실, 제품의 고장유무를 판단하기 위해서는 ‘부품들이 적절하게 선정 되었는가’ 에서부터 ‘제품의 핵심모듈들이 사용환경에서 충분히 사용될 수 있을 정도의 내환경성을 확보하고 있는지 혹은 안전성이 보장되어 있는지’ 등에 대한 다양한 검토과정이 동반되어야 한다. 이러한 과정을 수행하기 위해서는 제품이 사용 중에 노출되는 온도/습도 등에 대한 스트레스를 미리 검토하여 적절한 시험법을 만들고 이를 적절한 시험장비를 활용하여 시행하는 과정이 요구되며, 이러한 환경내구성 시험을 통과한 제품을 생산하는 것은 향후 해외시장을 개척하기 위해 필수적인 요건이 될 것이다.

제 2절 연구개발의 내용 및 범위

1. Eco-Fence 개발

Eco-Fence는 로드킬 예방을 위해 실제 도로 환경에 설치 가능한 센서 네트워크 기반의 동물인식장치 및 비가청 대역의 랜덤 초음파 발생 장치를 포함하고 있다. 근거리 통신기능을 갖춘 Eco-fence는 한 곳에서 동작감지에 따른 초음파 및 기계장치의 동작이 발생하면 그 인근의 Eco-fence가 동시에 작동될 수 있도록 개발하였다. 또한, 비정형 초음파 발생장치와 더불어 각종 동물의 울음소리 등이 녹음

된 소리를 재생토록 하여 다양한 동물에 대한 보호기능이 가능토록 하며 날개가 펼쳐지거나 회전할 수 있는 기능과 같은 기계적인 장치를 포함시켜 시각적인 자극도 병행함으로써 동물의 적응가능성을 최소화 할 수 있도록 개발하였다.

2. 메인컨트롤러 개발

Eco-Fence 발생기의 정보 수집 및 동작 제어를 담당하는 Eco-Fence 제어장치와 상황관리시스템과의 통신을 통해 상황실의 동작지시 및 원격 업그레이드를 담당하는 원격 유지관리 장치로 구성된다. Eco-Fence 제어장치의 경우는 Eco-Fence 발생기를 동일 네트워크 그룹으로 관리하여 각 Eco-Fence 발생기의 동작감시 센서로부터 전방상황 정보 수집, 동작감시 센서와 초음파 센서의 작동관련 정보를 수집하고, 이를 상황관리시스템에 전송하는 기능을 한다. 또한, 원격 유지관리 장치는 Eco-Fence 제어장치로부터 수집된 현장 상황정보를 상황관리시스템에 송수신-상황관리시스템과 양방향 통신-하고, 상황관리시스템으로부터 전달된 동작제어 명령을 각 Eco-Fence 발생기에 전달하는 기능을 가지고 있다.

3. 상황관리시스템 시범구축

상황관리시스템은 Eco-Fence의 설치, 인력, 정책 등을 관리기능, 현장의 상황(장비의 동작, 동물 이동 감지, 로드킬 등) 과 외부정보(날씨)를 결합·분류한 현장 상황 정보 실시간 모니터링 기능 및 통계 기능 관리가 가능하도록 개발하였다.



<그림 5> 로드킬 예방용 Eco-Fence 장치 및 상황관리 시스템 개요

4. 환경내구성 시험 및 현장시험 평가

본 기술사업화 연구에서는 무선통신 단말기 시스템 설계 등의 다양한 국방사업 경험을 통해 전장환경에서도 동작이 가능하도록 엄격한 기준을 적용한 군용장비 H/W 기구 제작에 관한 기술력을 보유 하고 있는 공동연구기관(애드윈)의 기술력을 바탕으로 미국방규격 MIL-STD-810F와 KS 산업규격을 적용한 환경내구성 시험 절차를 준용하여 성능검사를 실시하였다.

MIL-STD-810 시리즈 규격 내용은 미국 육군의 개발 시험 통제소에 의해 제정되어 다양한 환경에서 시험하여 장비가 규격에 만족하여 전장에서 사용하는데 문제가 없도록 하는 것인데 현재는 2000년 1월에 버전'F'까지 나와 있다.

이 테스트 가이드에는 저압과 고온 저온, 온도충격, 유체에 의한 오염, 태양열 복사, 강우, 습도, 곰팡이, 염분, 모래 바람, 폭발성 연무, 누수, 가속도, 진동, 소음, 충격, 불꽃 충격, 강한 산성 연무, 항공기 사격진동, 온도-습도-진동-고도, 결빙, 화포발사 충격, 진동-음향-고온 등 여러 상황에 따른 테스트 방법을 자세히 설명하고 있다. 따라서 러기다이즈 (ruggedization) 장비의 제원을 보면 각 항목별로 미국방 규격의 어떤 테스트를 충족했는가를 확인할 수 있으며, 다음과 같은 방법들을 예로 들 수 있으며, 경제적 측면과 장비 안정성측면 양쪽을 고려하였다.

<표 2> 미국방규격 MIL-STD-810F 환경내구성 관련 시험항목

MIL-STD-810E Method	500.3	저압 (별칭 고도 시험)
	501.3	고온 (저장 및 동작 상태)
	502.3	저온 (저장 및 동작 상태)
	503.3	온도 충격 (장비가 고온에서 저온으로 또는 반대로 변할 때 잘 견딜 수 있는지)
	506.3	비 (바람 불며 비내리른 상태에서 장비가 견디는 정도)
	507.3	습도 (고 습도에서 견디는 정도)
	508.4	곰팡이 (따뜻하고 습기찬 공기를 장비에 노출시키고 곰팡이가 장비에 생기는지 여부)
	509.3	염수 분무 (염수 분무를 장비에 노출하여 장비가 부식/문제가 생기는지 여부)
	510.3	모래 및 먼지 (모래 및 먼지 장비 노출시 장비 잘 견디는지 여부)
	511.3	폭발 환경 (스파크를 통해 장비에 화염을 일으켜 장비가 견디는지 여부)
	512.3	누출
	513.4	가속도 (일정 가속도)
	516.4	충격 (충격 스펙트럼 및 각종 파형을 가진 충격과 장비에 가함)
	519.4	기충 진도
	520.1	온도, 습도, 진동 (온도 시험과 동시에 사인파를 가하고 랜덤 진동을 가함)
	521.1	아이싱, 비를 얼림 (장비를 얼리는 시험)

이러한 환경 내구성 검사절차를 바탕으로 Eco-Fence를 크게 Eco-Fence 발생기와 Main Controller와 같이 2가지 핵심요소로 구분하고 각각의 제품에 대한 내환경성과 안전과 내구성측면에서 외부공인기관에 시험의뢰 하였으며, 제품의 현장 적응 성능을 확인하기 위하여 2012년 9월부터 2013년 2월까지 파주, 새만금, 영월에 시험설치를 하고 혹한기 동안에 장비의 운영상태를 확인함으로써 타 제조업체보다 우수한 품질의 완제품을 생산할 수 있는 검증절차를 진행하였다.

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 국내 기술 및 산업 동향

1. 국내 로드킬 관련 연구동향

국내에서 발생하는 로드킬에 대한 현황조사는 매년 국립생물자원관에서 전국 야생동물 로드킬 고정 조사구간을 대상으로 실시하고 있으며, 2011년도에는 야생동물의 로드킬 발생이 총 72종 1,396마리로 나타났다. 로드킬 전체 발생 건수 가운데 포유류 16종 826건, 조류 38종 209건, 양서류 8종 117건, 파충류 10종 190건이 로드킬 된 것으로 확인되었다. 너구리가 168 마리로 가장 많이 로드킬되었고, 족제비 158마리, 고라니 92마리, 다람쥐 88마리, 무당개구리 75마리, 청설모 68마리, 꿩 53마리 순으로 발생되었다. 또한, 도별 현황은 강원도 194마리, 경상북도 191마리, 전라남도 159마리 순으로 로드킬 피해가 발생되었다. 충청북도는 40마리의 로드킬이 발생되어 전체 도별 로드킬 발생 건수 가운데 가장 낮은 것으로 조사되었다¹⁶⁾. 송정석 외(2011)는 1미터 높이 유도울타리를 도로시설물의 연결지점에 설치한 결과 로드킬의 감소효과가 있는 것으로 분석¹⁷⁾한 바 있는데 국내 대부분의 연구는 로드킬 현황에 대한 분석을 중심으로 진행되고 있어, 로드킬 저감을 위한 시설이나 장치개발에 대한 연구는 미흡한 실정이다(표 5, 표 6참조).

<표 3> 국내 로드킬 관련 연구내용 분석

구분	제목	저자	연구목적	연구지역	조사시기	대상종
1	포유류 로드킬 저감을 위한 고속도로 유도울타리 효율성 및 개선방안 연구	송정석 외(2011)	고속도로 야생동물 유도울타리 설치효과를 분석하여 적정한 유도울타리 설치 개선 및 관리방안 제시	중앙고속도로 만종 분기점~홍천 나들목 구간	유도울타리 설치 전인 2004~2005년과 설치후인 2006~2007년	고라니, 너구리, 멧토끼, 노루, 오소리, 족제비, 산 등 8종
2	오대산국립공원의 야생동물 로드킬 특성	민지홍 외(2010)	포유류, 파충류, 조류 등 야생동물의 로드킬을 조사하여 발생특성을 파악하여, 향후 로드킬 저감, 야생동물 이동통로 개설 및 개	오대산국립공원을 통과하는 국도6호선 도로로서 오대산국립공원사무소에서 진고개를 지나 강릉시연곡송천으로 이어지	2003년 1월 ~ 2007년 12월	포유류, 파충류, 조류

16) 국립생물자원관, 2011. 야생동물 서식실태조사 및 관리·자원화 방안연구

17) 송정석 외, 2011, 포유류 로드킬 저감을 위한 고속도로 유도울타리 효율성 및 개선방안연구-중앙고속도로 만종~홍천 구간을 사례로-, 649~657. 한국환경생태학회지,

			선을 위한 기초자료 제공	는 약 17.7km 구간		
3	국립공원의 양서류 로드킬 현황	송재영 외(2009)	국립공원 내 양서류 로드킬 현황 파악과 특성 분석을 통해 양서류 로드킬 저감 대책 수립	총 10개 국립공원 24개 노선(총 연장 188.9km)	2000년~2008년	양서류
4	너구리 로드킬 원인 및 저감방안 연구	권혁수 (2006)	너구리의 로드킬 발생 예측모형 구축을 통해 생태적인 도로를 건설하는데 기초적인 데이터를 제공하고 이를 토대로 저감방안을 제시	남원~구례 간 19번 산업국도 (30km 구간)	2003년 1월~ 2004년 5월	너구리
5	토지이용 유형에 따른 포유류 로드킬 발생 특성	최태영 외 (2006)	로드킬 발생 밀도와 주변 토지이용 유형의 특성을 밝혀 향후 로드킬 저감을 위한 도로 노선의 선정과 야생동물 침입 방지 펜스 및 생태 통로 위치 선정에 활용	지리산의 북,서,남쪽: 남원~함양 간 88고속도로 (44km구간), 남원~구례 간 19번 산업국도 (30km 구간), 구례~하동 간 19번국도 (33km 구간)	2004년 7월~2006년 8월	포유류

<표 4> 국내의 로드킬 또는 생태통로 관련 연구보고서 및 지침서 현황

관련부처	발행기관	발간년도	제목	연구수행기관
환경부	환경부	1999	도시지역에서의 효율적인 생물서식공간 조성기술 개발 Vol.2	서울대학교
		2001	자연생태계 복원을 위한 야생동물 이동통로 설치지침	환경부
		2002	효율적인 생물서식공간 조성기술 개발	서울대학교
		2003	야생동물 이동통로 설치 및 효율적 관리방안에 관한 연구	서울대학교
		2003	자연생태계 복원을 위한 생태통로 설치 및 관리지침	환경부
		2004	생태통로 설계기법 지침서	서울대학교
		2004	지속가능한 도시녹지 조성을 위한 생태통로 설계기법 개발	서울대학교
		2006	전국 생태통로 설치 기본계획 수립방안 연구	한국환경정책·평가연구원
		2007	도로의 야생동물 서식지 단절 정도의 분석과 road-kill의 원인분석에 따른 도로유형별·동물종별 관리기법 개발	서울대학교
	국립환경과학원	2006	야생동물 로드킬 방지지설 설치기법 연구: 백두대간 지역을 중심으로	국립환경과학원
	국립환경과학원	2006	야생동물 개체군의 생태학적 특성연구	국립환경과학원
	대구지방환경청	2004	야생동물 이동통로의 설치현황과 국내·외 설치사례 조사보고서: 육교형 및 터널형 이동통로를 대상으로	대구지방환경청
		2006	경북지방 4차선 이상 주요간선도로 야생동물 로드킬 조사연구 보고	대구지방환경청
건설	건설	2002	생태이동통로 설치를 위한 생태조사 연구	서울대학교,

교통부	교통부			서울여자대학교, 한국야생동물연구소
		2004	일반국도 주변 생태이동통로 정비기본계획 수립 연구	(사) 시민환경연구소
		2006	생태이동통로 설치를 위한 생태조사 연구	(사) 시민환경연구소
		2007	조경설계기준	(사) 한국조경학회
	한국도로공사	1999	동물이동통로설치요령및적용사례	한국도로공사
		2003	생태통로설계기준과 주변 부대시설 조성방안에 관한 연구	한국자연환경연구소, (주)다산 이앤씨
2006		고속도로 동물사고 방지대책에 관한 연구	한국도로공사, 도로교통기술원	
건설교통부·환경부	건설교통부·환경부	2004	환경친화적인 도로건설 지침	한국환경정책·평가연구원 (환경분야 집필)
지방자치단체	경기도	2004	경기도에코브리지조성및관리방안수립	경기개발연구원
	서울시	2006	생태통로의 조성효과분석및관리매뉴얼작성	서울시정개발연구원

(출처 : 국립환경과학원, 2007, 생태계 단절의 영향 및 야생동물 서식공간 조성 연구(II)-로드킬 방지시설 설치기법을 중심으로-)

일반적으로 도로 및 고속도로 건설 시 동물들의 이동이 보장되도록 하기 위해 생태통로와 유도펜스가 가장 많이 설치되고 있다. 생태통로는 단절된 생태계를 연결해주는 설비로서 효과가 탁월한 반면 1개소 생태통로 설치에 비용이 20억 정도가 소요되는 단점이 있다. 이에 따라 환경부에서는 유도펜스와 함께 생태통로를 대체할 만한 도로의 구조물인 배수구, 다리, 통행로를 잘 활용 할 경우 좋은 효과가 기대된다고 알려져 있다. 펜스는 통상 침입방지펜스와 유도펜스로 구분되나 구조나 설치 방법은 동일하다. 펜스 설치 시 소요 비용은 평균 5만원/m 정도이며, 3단 펜스의 경우 21만원/m의 고가 펜스도 있으며, 단점으로는 생태계를 단절시키고, 국도와 지방도 그리고 군도의 농경지와 인접한 2차선 간선 일반국도에는 여러 생활여건상 설치가 불가능하다는 점을 들 수 있다¹⁸⁾. 그 외에도 사슴용 경적이나 소각소리, 도로 반사경, 거울, Deer-Fagging 모형, 먹이차단, 도로변 퇴치제 살포 등과 같이 동물이 도로로 접근하는 것을 방해하기 위한 수단이 사용되기도 하고, 동물출현 지역을 통과하는 운전자의 주의력 환기를 위해 로드킬이 집중되는 위치나 시기에 도로전광표지판(VMS)나 네비게이션 안내를 통하여 안내방송을 하는 정책을 추진하고 있으나, 소음 문제와 배설물의 역겨움 문제 해결 등이 필요한 실정이다.

18) 환경부, 2007, 도로의 야생동물 서식지 단절 정도의 분석과 road-kill의 원인 분석에 따른 도로유형별·동물종별 관리 기법 개발 : 46 - 182



<그림 6> 유도펜스와 생태통로 설치 예

(a.생태통로 이용하는 멸종위기 삥¹⁹), b. 오봉산 생태연결통로, 의왕시 고천동~화성군 봉담면 동파리 간 4차선 고속도로 중 의왕시 고고리 부근 c. 경남 진해시 안민고개 (doopedia.co.kr), d. 야생동물보호겸용 잡초방지펜스²⁰, 시계방향)

19) 한국도로공사, 2008, 고속도로 정밀생태조사 및 야생동물교통사고 예방종합대책 연구 요약보고서, p. 28,

20) 정양권 외, 2010, 로드킬 예방을 위한 야생동물보호 시스템에 관한 연구, 한국전자통신학회논문지 제5권 제6호

<표 5> 로드킬 저감기술별 장·단점

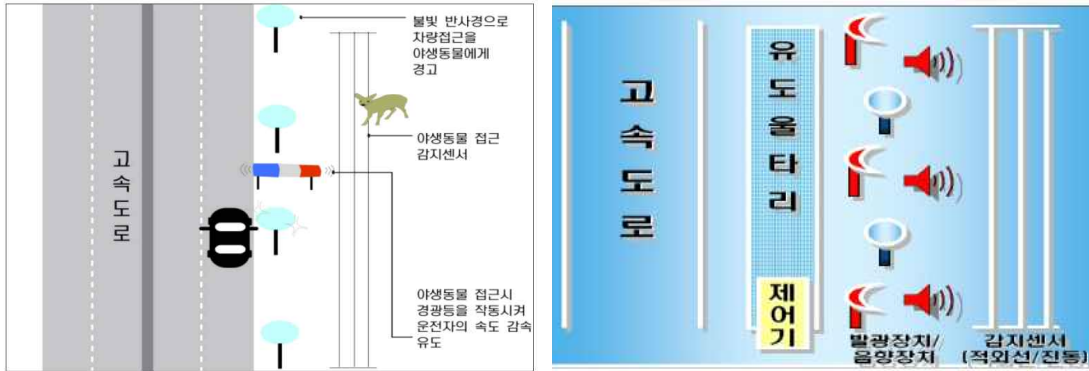
구 분	장점	단점
생태통로	- 단절된 생태계 연결 탁월 (2011년 317개소 운영²¹⁾) - 배수구, 다리, 통행로 등과 연계가능	- 설치비용 높음(20억원/개소) - 사람 간섭 많은 곳은 동물 이용 미흡
유도울타리 (침입방지펜스, 유도펜스)	- 비교적 저렴한 설치비(45,000원/m, 고가형은 10 ~ 20만원/m) - 가장 검증된 방법(사슴의 경우 일반적으로 60~97%의 로드킬 저감(Knapp et al 2004)²²⁾)	- 충분한 길이로 설치필요 - 생태계 단절 우려 - 국도, 지방도, 군도의 농경지와 인접한 2차선 간선 일반국도에는 생활여건상 설치 불가능
호랑이 소리, 배설물 살포 등 동물자극 기술	- 생태계 단절 개선	- 동물 적응에 따른 효과 감소 - 소음 등으로 사람에게도 영향
네비게이션 안내, 표지판 등 운전자 주의 기술	- 운전자 교통사고 예방 기능	- 동물의 무단횡단 방지 불가

본 개발기술과 유사한 연구로는 한국전자통신학회에 게재된 정양권 외(2010)의 논문으로 적외선 센서와 야생 동물 접근 방지를 위한 발성부와 빛을 발생하는 발광부 그리고 태양광을 이용하여 전원을 공급하는 전원공급부와 외부의 배터리를 이용한 전원공급부와 도로 가장자리에 경계를 알리는 나선에 미세 전류를 통하게 하여 경고 발성이나 발광효과를 극대화하도록 하여 접근하는 야생동물을 제지하는 로드킬 예방을 위한 야생동물보호 시스템을 제안한 바 있다²³⁾. 또한, 한국도로공사에서는 반사경을 개선하거나 유도울타리 주변에 동물감지센서를 설치하고 발광장치나 음향장치를 설치하여 침입예방하는 시설을 검토한 바도 있다.

21) 환경부, 2011, 2011년도 환경보전시책 추진상황 보고서

22) Knapp,K.K.,2004, Deer-VehicleCrash CountermeasureToolbox:A Decision and Choice Resource. Madison : Midwest Regional University Transportation Center Deer - Vehicle Crash Information Clearing house, 263pp.

23) 정양권 외, 2010, 로드킬 예방을 위한 야생동물보호 시스템에 관한 연구, 한국전자통신학회논문지 제5권 제6호



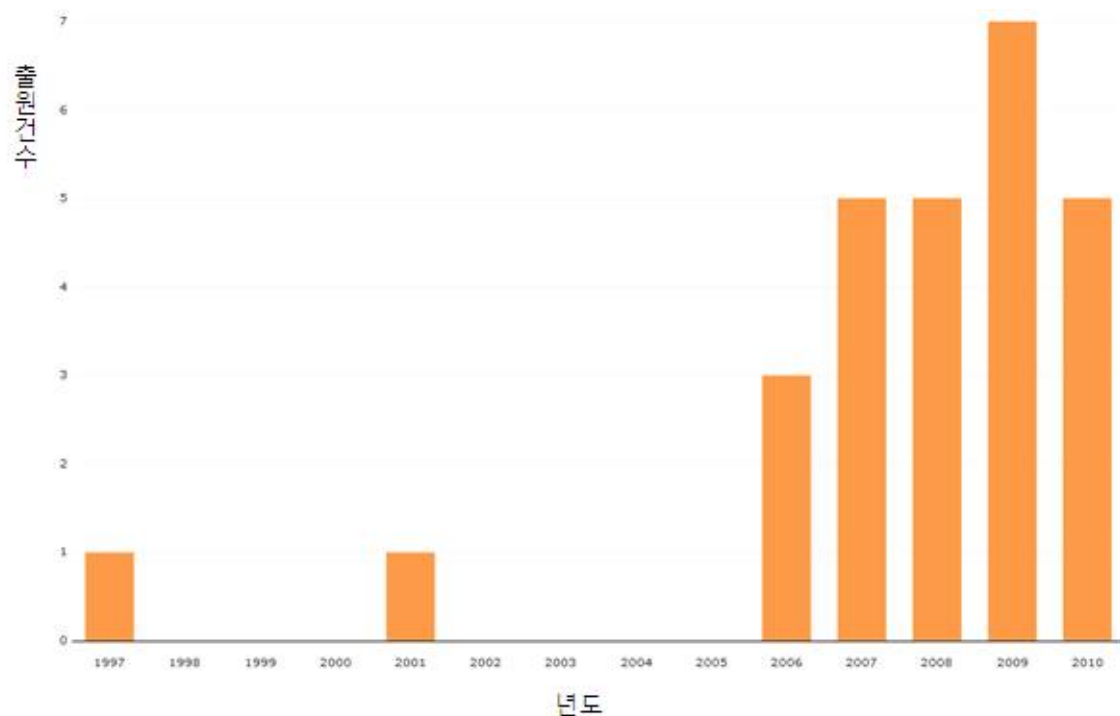
<그림 7> 로드킬 예방을 야생동물 침입예방시설²⁴⁾
(a. 반사경 개선안, b. 지능형 유도울타리, 시계방향)

2. 국내 로드킬 관련 특허동향

최근의 동물 보호경향 및 동물에 의한 농작물 피해 급증에 따른 방지 대책에 대한 논의가 급증함에 따라 로드킬 관련 국내 출원 동향을 시계열적으로 살펴보면, 출원일 기준으로 2006년부터 집중적으로 출원되고 있다. 대부분은 동물에게 소리나 빛으로 놀래켜서 퇴치토록 하는 것인데 사람에게도 영향을 미칠 수 있어 민원의 소지가 있다.

본 기술은 동물은 인식하지만 사람은 인식하지 않는 초음파 범위에 있는 소리를 활용하여 동물의 도로진입을 차단하고자 하는 기술로 레이다 센서 또는 적외선 센서로 동물의 움직임을 확인한 후에 20 ~ 35 KHz 범위에 있는 초음파를 무작위로 출력하고 지속적인 움직임이 감지되는 경우에는 LED 섬광과 기계적 동작 그리고 동물의 울음소리도 발생하도록 함으로써 동물이 퇴치장치에 적응하지 못하도록 하는 것을 특징으로 한다.

24) 한국도로공사, 2008, 고속도로 정밀생태조사 및 야생동물교통사고 예방종합대책 연구, p. 208,



<그림 8> 한국 출원 동향

(출처 : Wintelips((주)웹스가 운영하는 특허 조사용 DB, 기간 ; 1974 ~ 2012.3.30(공개일 기준))

<표 6> 국내 특허의 특징 및 차별성

구분	기존기술명 (지적재산권명)	개발자 (또는 지적 재산권자) (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능(관련 도면 첨부)	보유기술의 차별성
1	야생동물 도로 진입방지 조기 경보 방법 (등록특허 : 100924000)	주식회사 영국전자 (2009)	야생동물이 도로에 진입할 경우 근적외선 카메라로 촬영된 영상을 바탕으로 영상 분석 시스템에서 분 석하여 동물일 경우에는 LED 전광판에 표시하여 운전자에게 주의를 환기시 킴과 동시에 자동 알람을 발생시켜 야생동물의 도로 진입을 방지하는 야생동물 도로 진입방지 조기 경보 방법에 관한 것임	이동 물체에 대하여 각 로컬 근적외선 카메라에 의해 영상정보를 획득하 고 각각의 영상들을 하나 로 합치는 이미지 믹서로 영상을 조합하여 동물을 인식 LED전광판을 이용한 야 생동물 출현 알림 자동 알람장치를 통해 야 생동물의 도로 진입 차단 장치	근적외선 영상을 통한 야생동물 인식은 상대적 으로 날씨 등에 영향을 많이 받으며, 영상분석 과정에서 오차가 발생할 수 있음
2	열화상 카메라를 이용한 승강장의 추락자 자동검 지 시스템 (등록특허 10-0661263 호)	출원일 : 2005.12.0 9 등록권자 : 주식회사 비즈로시스, 장태수 등록일자 : 2006.12.1	카메라에서 촬영된 열감지 부분과 열감지 부분과 이 웃하는 부분의 평균 픽셀 차를 이용하여 야생동물과 사람을 구분하면서 사람이 선로부에 있는 경우에만 정확하게 돌발상황으로 분 리할 수 있는 기술	열화상 카메라를 이용한 사람 인식 기술	특정공간에서의 사람과 동물의 구분기술로 야외 에서 적용하기 어려움

		9			
3	지능형 인체감지 장치	출원번호 : 10-2001-0052940 출원일자 : 2001.08.30 출원인 : 강문성 외 2인	움직이는 동물이나 기타 주위 환경변화로 인한 센서의 반응 신호와 인체감지 신호를 구분하기 위해 인체와 기타 물체와의 움직임에 있어 나타나는 주파수의 차이를 활용하여 매 일정 거리마다 인체감지 신호의 피크치를 록업 테이블로 만들어 저장해 놓고 검출된 주파수를 비교하여 인체와 타 물체를 구별해 내고, 인체의 경우 센서와의 대략적인 거리까지도 알아낼 수 있는 판단논리를 마이크로 컨트롤러에 입력하며, 중요 정보를 백업시킬 수 있는 기능을 갖춘 무인 원격감시 시스템용 지능형 인체감지 장치	인체감지 신호의 주파수 특성 분석	구체적인 인체감지 센서의 종류를 확인할 수 없으며 인체의 고유한 주파수 특성을 확인할 수 없는 경우에는 실용화가 어려움
4	유해 조수 퇴치장치	출원번호 : 2001-0017106 출원일자 : 2001.03.31 출원인 : 최재권	유해조수의 접근을 마이크로 웨이브로 감지하여 음성신호를 순차적으로 자동 출력시켜 유해조수의 접근을 방지시킴과 동시에 유해조수의 학습을 원천적으로 방지시키는 장치	마이크로 웨이브를 발진시키는 송신단과 산란된 마이크로 웨이브를 수신하며, 유해조수 감지신호를 발생시키는 수신단과 신호처리기의 동작신호에 의해 구동되는 스피커 구동부 그리고, 상기 스피커 구동부 및 스피커로 구성되는 유해조수 퇴치장치	소리로 동물을 퇴치하는 것이나 구체적인 스피커 출력 주파수를 확인할 수 없음
5	유해 조수 퇴치장치	출원번호 : 2006-0037499 출원일자 : 2006.04.26 출원인 : 송중명	농경지에 일정한 간격을 두고 수직하게 설치되는 차양판을 구비한 지주체에 조수의 접근시 이를 감지하는 적외선 감지센서를 통해 조수의 접근을 감지하고 최초로 감지한 마이크음이 인접된 다른 마이크에 해당정보를 송신하여 일정한 구역 내에 설치되어 있는 여러 경광등 및 경보기가 일시에 동작되므로 이에 노출되는 조수가 소리나 빛에 적응하는 것을 원천적으로 차단하고 농경지에 접근하는 것을 예방하는 장치	지주체에 설치되어 조류의 접근시 이를 감지하는 적외선 감지센서와 마이크의 출력신호를 입력받아 경보음을 출력하는 경보기 및 발광다이오드를 발광시키는 경광등 및 전원 공급부로 조수를 퇴치	한곳에서 감지된 경광등이 서로 연결되어 전체가 동작하는 퇴치장치로 오동작 등에 다른 소음 공해가 우려됨
6	초저주파를 이용한 동물 퇴치 장치	출원번호 : 2008-0066509 출원일자 : 2008.07.09 출원인 : 이승훈	멧돼지 및 고라니 등의 유해 조수 퇴치에 있어 사람의 귀로 들을 수 있는 호랑이 울음소리 중에서 동물들이 위협을 가지는 20~20,000(HZ) 가청주파수 이외의 18(HZ) 이하의 초저주파 신호만을 추출하여 신호를 증폭하는 전용 장치	18(HZ) 이하의 초저주파 신호만을 추출하여 증폭하는 장치	사람의 귀에 거슬리지 않는 주파수 대역을 사용한다는 특징은 있으나 그 동물의 학습효과에 따른 기능저하가 발생할 가능성이 있음
7	야생동물 퇴치장치	출원번호 : 2009-0004978 출원일자 : 2009.04.2	레이더 센서를 이용하여 미리 설정된 농작물 경작지의 내부로 접근하는 야생동물을 감지되었을 때 천적의 동물소리와 섬광(閃光)을 발생하여 농작물	농작물 경작지 주변에 설치되어 동물의 여부를 감지하는 레이더 센서가 부착된 다수의 위치-폴과 어느 하나의 위치-폴에 설치되며, 입력되는 음원	동물의 소리로 인한 소음공해 유발 우려

		4 출원인 : 강태경 외 9인	경작지의 주변으로 근접한 야생동물의 접근을 방지하 는 야생동물 퇴치장치	신호를 가청음으로 재생 하는 스피커 및 구동전압 의 입력에 대응하는 밝기 의 섬광을 발생하는 섬광 램프와 전압공급장치로 구성	
8	농업용 유해동물의 퇴치장치	출원번호 : 2009-005 7384 출원일자 : 2009.06.2 6 출원인 : 경상북도 (농업기술 원), 김철대	가면의 눈을 통하여 빛을 발산하고 새와 멧돼지 등 과 같은 유해동물이 무서 워하는 소리를 발산하고 외부의 바람에 의해 움직 이는 요동체 및 이의 제어 수단을 포함하는 농업용 유해동물의 퇴치장치	지주에 세워진 프레임에 어깨와 몸 그리고 얼굴을 만들어 옷을 걸치고 바람 에 의해 요동치도록 하면 서 옷의 앞쪽 면과 뒤쪽 면에 빛을 반사하는 다수 의 반사판을 설치하고 얼 굴에는 유해동물이 혐오 하는 캐릭터 가면을 씌워 눈부위를 발광함과 아울 러 소리를 발산하고 빛과 소리의 크기와 간격을 시 각에 따라 제어하는 제어 수단으로 동물퇴치	제품 개발시 파손우려

제 2절 국외 기술 및 산업동향

1. 국외 로드킬 관련 기술 동향

동물과 차량의 충돌은 자칫 대형 인명사고로 이어지기 쉽기 때문에 로드킬은 단순히 동물만의 문제로 보기에 어려움이 있다. 미국 플로리다 주에서는 팬더(Florida Panther)의 사망 중 49 %가 로드킬에 의한 것이고, 옐로우스톤 국립공원에서 8년간 모니터링 결과 공원 내 대형 포유류들의 약 2%가 매년 로드킬에 당하는 것으로 밝혀졌으며, 연간 약 130만 마리의 사슴이 차에 치어 죽고 29,000 명의 부상자와 200명의 사상자를 내고 있고, 자동차 수리비로 매년 28억 달러의 비용을 지불하는 것으로 조사되었다²⁵⁾. 또한, 호주에서는 해마다 550 만 마리의 양서 파충류가 로드킬로 희생되고 있으며, 덴마크 역시 매년 2종의 개구리가 전체 성숙한 개체의 10 %가 로드킬로 사망하는 것으로 조사되었다. 스페인 남부지역에서는 이베리안 스톱소니의 가장 큰 사망원인이 로드킬이며, 네덜란드에서도 도로의 수와 도로의 밀도가 오소리 감소의 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 영국에서는 헛간 부엉이의 가장 큰 사망원인이 로드킬이라고 하고, 독일은 96년 야생동물과의 충돌사고로 연간 2만건의 사고가 발생하고 40명이 사망하였으며, 3,500명이 부상당했고, 독일 자동차 보험 회사들에 의하면 89년에 15만 건 이었던 야생동물 사고가 97년에 20만 건을 넘고, 연간 피해만 6억 마르크가 넘었다고 하며, 스위스는 연간 7,500건의 사고가 발생해 이 가운데 1~2%는 사망이나 부상사고로 이어졌다(<http://jangjh58.sitecook.kr/ab-151039-4>)고 할 정도로 로드킬은 전 세계적인 문제이다.

이를 해결하기 위해 국외에서는 산양이나 사슴 등 동물 출몰이 잦은 지역에 생태통로 및 동물 출몰지역 알림 표지판 등 수동형 에코펜스시스템을 주로 설치하여 운전자 보호와 로드 킬을 예방하고 있다. 미국 캘리포니아주 몬타나에서는 2008년~2009년에 걸쳐 동물의 로드킬 예방을 위한 레이저 시스템을 개발하여 도로 주변 1km 정도의 길이에 설치하여 실제 적용 시험과 시범운행을 추진한 바 있다. 근래 레이저시스템은 공항 주변 조류 출몰 지역에 조류 퇴치용으로 많이 활용되고 있는데, 레이저는 동물뿐만 아니라 사람에게도 어느 정도 영향을 주기 때문에 레이저 강도에 따른 인체 영향측면에서의 충분한 연구가 필요한 상황이다.

호주, 미국, 유럽 등에서 주로 넓은 초원을 갖고 있는 지역의 로드킬 예방과 운전자 보호를 위해 도로에 전자펜스를 설치하여 동물들이 펜스에 닿으면 전기 흐름을 느끼도록 하거나, 초음파를 발생시켜 동물의 접근을 막는 방법이 이용되고 있다(<http://www.raccoon-x.com/ultrasonics.htm>). 전자펜스는 물리적으로 동물의 접근을 막는 방식이고, 전기를 펜스에 직접 흘리기 때문에 안전 문제와 전자파 잡음

25) Forman, R. T. T., D. Sperling, J. A. Bissonette et al. 2003. Road ecology: science and solutions. Washington, DC: Island Press.

에 따른 문제로 사람들이 많이 살고 있는 지역에 적용하기는 곤란하다

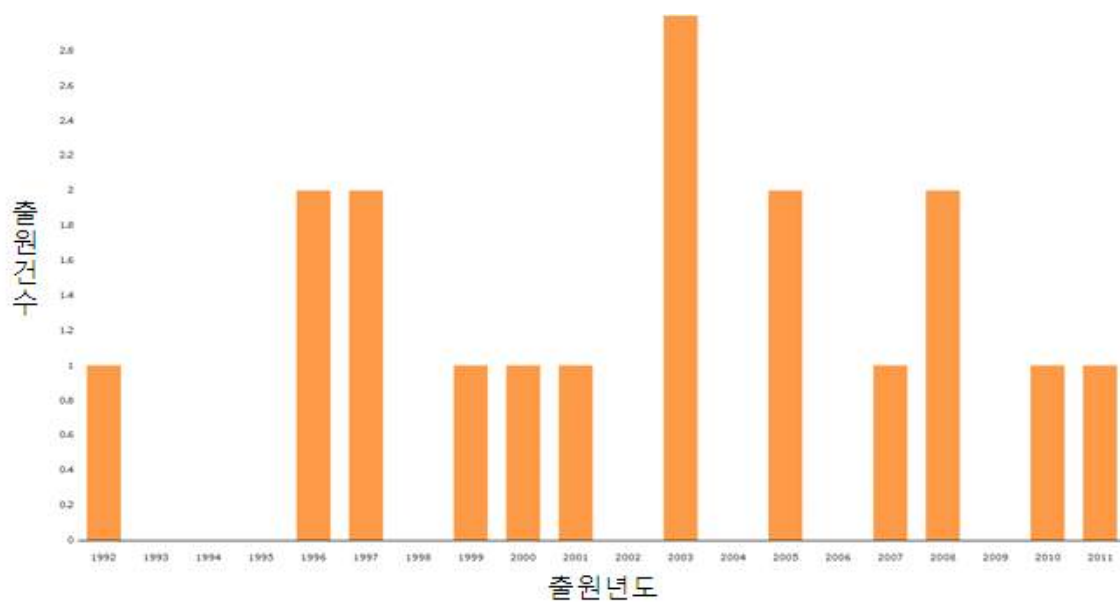
초음파 퇴치기는 인간이 가청하는 주파수 이상인 23khz에서 소리를 발생하며, 최근에는 적외선 센서에 의해 움직이는 물체가 다가올 경우에만 작동하는 형태로 개발되었다. 현재 미국에서 개발되어 시판되고 있는 초음파퇴치기의 설명서에 의하면 “이 전자 유해동물 퇴치기는 모든 종류의 유해동물에게 두려움을 유발할 수 있는 강력한 음파를 발생할 수 있도록 개발되었다. 이 방법은 동물에게 오직 불편함만 유발할 뿐 어떤 고통도 초래하지 않는 완전히 인도적인 것이다. 초음파 기술은 사람 주변에서 사용함에 있는 전적으로 안전하다” 고 되어 있어 초음파를 이용하는 기술에 대한 안전성을 확인할 수 있다(<http://www.raccoon-x.com/ultrasonics.htm>).

일반적으로 전자웁스가 평탄한 곳보다 막혀 있는 곳에서 유리하다면, 초음파퇴치기는 막혀있는 곳에서는 불리하고 평탄한 곳에서 유리한 것으로 알려져 있다.

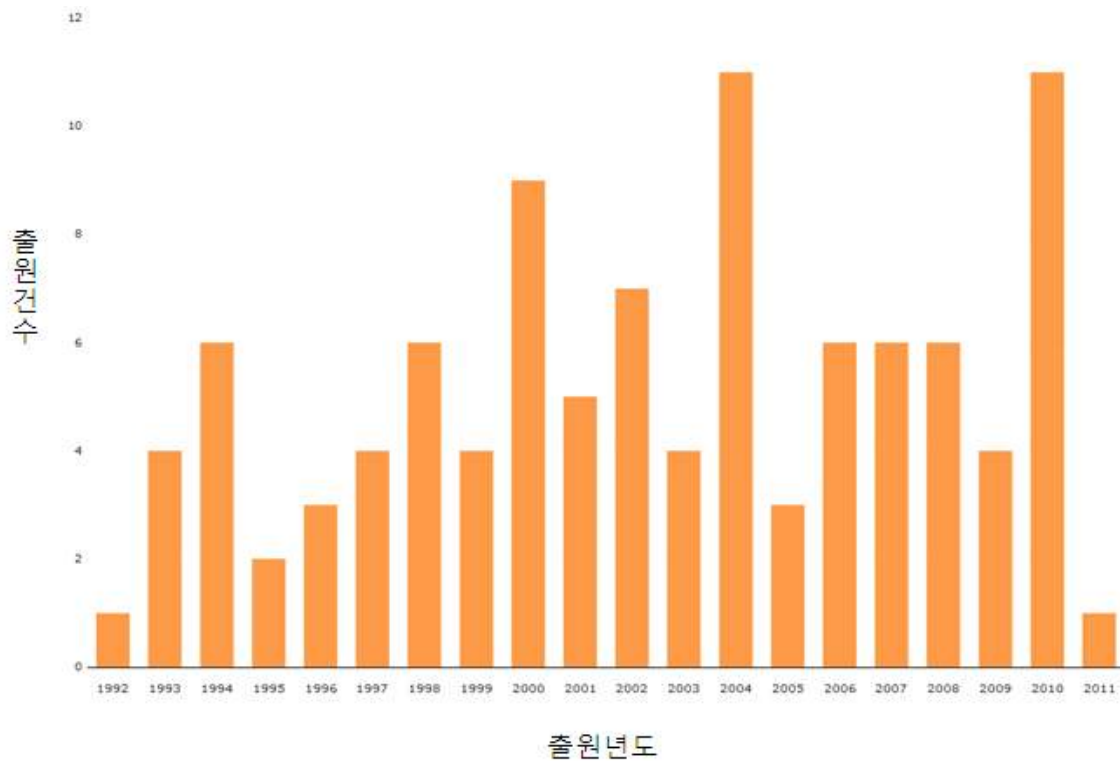
2. 국외 로드킬 관련 특허 동향

미국의 출원 동향을 시계열적으로 살펴보면 10여년 전부터 꾸준히 출원되고 있음으나, 최근에는 출원이 감소하고 있는 추세이다. 대부분의 동물퇴치장치는 적외선 센서에 의한 감지와 정형 초음파 발생장치를 구비하고 있어 낮에는 적외선 감지기의 감지율이 낮아질 우려가 있고 동물의 학습효과에 대한 대응이 약간 미흡할 수 있을 것으로 판단된다. 일본의 특허출원 동향을 보면, 과거 20여년 전부터 성장세를 이어오고 있는데, 2000년도나 2004년, 2010년 등에서 많은 출원이 있었던 것을 알 수 있다.

해외 특허의 특징으로는 과거에는 주로 폭음기나 초음파 발생기 등과 같은 청각적인 자극을 통해 동물을 퇴치하는 기술이 주를 이루었으나 최근에는 레이저를 이용하거나 냄새 또는 물의 분사와 같이 직접 동물의 신체에 물리적인 자극을 주는 기술이 주를 이루고 있다는 특징이 나타났다.



<그림 9> 미국 출원 동향



<그림 10> 일본 출원 동향

(출처 : Wintelips((주)웹스가 운영하는 특허 조사용 DB, 기간 ; 1974 ~ 2012.3.30(공개일 기준))

<표 7> 해외 특허의 특징 및 차별성

구분	기존기술명 (지적재산권명)	개발자 (또는 지적 재산권자) (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능(관련 도면 첨부)	보유기술의 차별성
1	적외선 감지 및 초음파 발생기를 갖춘 동물퇴치장치	출원번호 : US 1996-772 388 출원일자 : 1996.12.2 3 출원인 : Jan/Te Chin	적외선 센서에 의한 감지 와 초음파 발생장치를 갖 춘 동물 퇴치기	적외선 센서에 의한 감지 와 정형 초음파 발생장치	낮에는 적외선 감지기의 감지율이 현격히 떨어지 며 특정 주파수의 초음 파를 발생시키므로 동물 의 적응이 가능함
2	Wildlife conditioning and suppression system	출원번호 : US 2000-523 047 출원일자 : 2000.03.1 0 출원인 : Dysarsz 외 2인	특정 금지구역에 진입하는 야생동물에게 물대포를 쏘 아 진입을 차단하는시스 템	특정구역 진입 센싱 후 물대포 분사 장치	사람에게도 물리적인 영 향을 끼칠 수 있음
3	Animal deterrent system	출원번호 : US 2008-008 493 출원일자 : 2008.01.1 1 출원인 : Richard H. Loury 외 1인	레이저 빔과 수광 센서로 구성된 금지구역을 설정하 고 레이저 빔이 수광 센서 에 도달하지 않는 경우를 동물의 침입으로 인식하여 물대포나 압축공기 등의 다양한 방법으로 동물을 퇴치하는 시스템	레이저 빔에만 반응토록 구성된 수광센서로 낮과 밤의 구분없이 동물의 침 입을 정확히 확인하고 퇴 치장치를 구동하는 기술	사람에게도 물리적인 영 향을 끼칠 수 있음
4	Apparatus and method for restricting movement of an animal into or out of a defined area	출원번호 : US 2008-145 997 출원일자 : 2008.06.2 5 출원인 : Joseph Santiago 외 1인	동물의 목에 장착해서 특 정구역을 벗어나거나 진입 하면 초음파로 장치에 신 호를 보내서 목을 조이게 함으로써 동물이 특정 구 역을 벗어나지 못하도록 하는 장치	초음파 발생기에 반응하 는 목 조임장치 기술	야생동물에 적용하기는 어려움
5	동물 침입 방지제	출원번호 : JP 1993-223 968 출원일자 : 1993.08.1 8 출원인 : Nippon Kayaku Co.	고추 추출물 또는 합성 카 푸사이신 물질을 함유한 동물의 침입 및 통행을 방 지하기 위한 동물 침입 방 지제	냄새를 이용한 동물퇴치 기술	지속적인 냄새 유발 방 안이 고려되어야 함

<표 7> 해외 특허의 특징 및 차별성(계속)

구분	기존기술명 (지적재산권명)	개발자 (또는 지적 재산권자) (개발년도)	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능(관련 도면 첨부)	보유기술의 차별성
6	레이저식 조수 위협 장치	출원번호 : JP 2000-301 615 출원일자 : 2000.10.0 2 출원인 : Kanai Cakuen	레이저 발광소자를 배열한 판을 조수가 침입하는 구 역에 설치하여 조수의 눈 에 강한 자극을 주어 위협 하는 장치	레이저 광 조사 장치를 구비한 판과 이를 구동하 는 장치를 통해 조수를 퇴치하는 장치	조수의 침입위치를 확인 하기 어려운 경우에는 적용하기 쉽지 않음
7	Animal Away™ Ultrasonic Repeller	Mr. McGregor s Garden Store (2001)	적외선 센서에 의한 감지 와 23Khz 초음파 발생장 치를 갖춘 너구리 퇴치기 	적외선 센서에 의한 감지 와 정형 초음파 발생장치	낮에는 적외선 감지기의 감지율이 현격히 떨어지 며 특정 주파수의 초음 파를 발생시키므로 동물 의 적응이 가능함

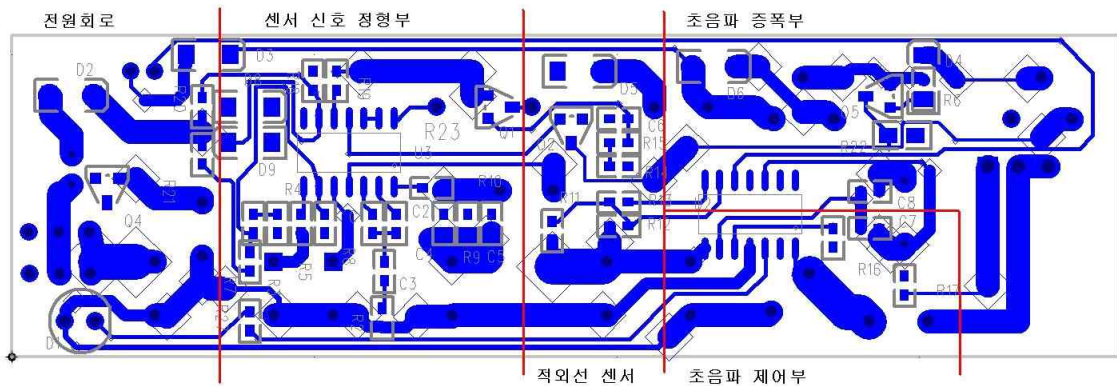
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 Eco-Fence 개발

1. 동작감지 센싱 기술

가. 적외선 동작감지 센서

초음파 발생기에 대한 야생동물의 반응특성을 파악하기 위해 우선 적외선 동작감지 센서를 적용한 제품을 1차적으로 개발하였다.



<그림 11> 적외선 센서에 의한 동작감지 및 초음파발생기 회로도

그런데, Pir 센서는 사람 또는 동물의 적외선을 감지하므로 추운 겨울날 또는 더운 여름에 오 동작을 할 경우가 있어 2차 제품에는 레이더 센서를 이용한 동작감지를 진행하고자 한다.

나. 레이더 동작감지 센서

◎ 레이더 동작감지 센싱 이론

레이더용으로 사용하는 주파수(Microwave Spectrum)는 Microwave 대역(300Mhz ~ 300Ghz)에 따라 대역별 명칭이 다르며 이를 순서대로 나타낸 것이 아래 표이다. Microwave 대역 중에서 파장이 mm 단위인 지역 즉 주파수 30Ghz 부근부터의 대역은 Milimeter wave 라고도 한다. 레이더에 사용되는 주파수의 정의는 교류가 그 파형에 따라 완전히 한번 변화하여 처음의 상태가 될 때까지의 변화를 1사이클이라 하며 1초 동안에 같은 파형을 반복하는 횟수(진동수)를 주파수(Frequency)라 한다. 주기란 1사이클(cycle)을 그리는데 걸리는 시간을 말하며

주파수가 한번 회전하는데 소요되는 시간을 말하며 주기의 단위는 초(sec)이며 기호는 T이다. 주기 T(sec)와 주파수 F(Hz) 사이에는 $F = 1 / T(\text{Hz})$, $T = 1 / F(\text{sec})$ 와 같은 관계가 있다. 즉, 주파수와 주기와 관계는 주기가 짧으면 주파수가 높고 주기가 길면 주파수가 낮다. 전파는 공간을 1초 동안에 $3 \times 10^8 \text{m}$ 의 속도로 진행하는데 파장이란 하나의 사이클이 진행한 거리를 말하며 파장의 기호는 람다(λ)이며 단위는 m를 사용한다. 전파속도를 C(m/s), 주파수를 F (Hz)라고 하면 파장(λ) = C (m) / F (Hz) = $3 \times 10^8 \text{ m} / F(\text{m})$ 이다. 즉, 주파수와 파장의 관계는 주파수가 높으면 파장이 짧고 주파수가 낮으면 파장은 긴 상호 크기에 반비례하는 관계이다.

레이다에서 펄스를 사용하는 이유는 송신 주파수가 일정하고 고정 및 이동 표적 탐지가 용이하면 안테나를 11개만 사용해도 좋은 장점이 있기 때문이다. 또한 송신과 수신으로 명료하고 짧은 펄스폭의 전파는 최소탐지거리와 거리분해능력 우수하기 때문이다. 레이더에서 마이크로파를 사용하는 이유는 직진성과 반사성이 양호하고 지향성이 예리한 안테나를 획득하는데 용이하며 외부혼신 및 방해를 감소하는데 유리하기 때문이다.

<표 8> 전파 종류별 주파수 및 파장

분류		기호	주파수	파장
전파	초장파	VLF	30kHz이하	10km 이상
	장파	LF	30 ~ 300kHz	10 ~ 1km
	중파	MF	0.3 ~ 3MHz	1km ~ 100m
	단파	HF	3 ~ 30MHz	100 ~ 10m
	초단파	VHF	30 ~ 300MHz	10 ~ 1m
	극초단파	UHF	0.3 ~ 3GHz	100 ~ 10cm
	센티미터파	SHF	3 ~ 30GHz	10 ~ 1cm
	밀리미터파	EHF	30 ~ 300GHz	10 ~ 1mm
	서브밀리미터파	—	0.3 ~ 3THz	1mm 이하
광파	적외선	—	3 ~ 400THz	1mm ~ $0.7 \mu\text{m}$
	가시광선	—	400 ~ 790THz	$0.7 \sim 0.495 \mu\text{m}$
	자외선	—	0.79 ~ 3PHz	$0.38 \sim 0.06 \mu\text{m}$
핵파	α 선, γ 선	—	3PHz 이상	$0.06 \mu\text{m}$ 이하

일반적으로 센서를 통해 움직임을 감지하는 시스템의 기본 동작 원리는 아주 간단하다. 마이크로파 신호가 움직이는 물체에 반사될 때 도플러 효과로 인해 신호의 주파수가 물체의 속도에 비례하여 변화된다. 일정한 주기를 갖고 움직이는 물체로부터 반사된 신호의 주파수는 동일하게 유지되나 위상이 시간에 따라 변화한다. 부하를 갖는 전송선로의 위상변화는 그림에 나타내었는데 시간에 따라 변화되는 위상

은 변위 $x(t)$ 에 비례한다.

$$f' = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c} \cos \theta} \approx f_0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta\right)$$

$$= f_0 + f_0 \frac{v}{c} \cos \theta = f_0 + \frac{v}{\lambda} \cos \theta \quad (1)$$

$$2\pi t \cdot f' = 2\pi t \left(f_0 + \frac{v}{\lambda} \cos \theta \right)$$

$$= 2\pi f_0 t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (v \cdot \cos \theta) t$$

$$= 2\pi f_0 t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2x(t)$$

$$= 2\pi f_0 t + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t) \quad (2)$$

$$= 2\pi f_0 t + \Delta \phi(t)$$

여기서 f_0 는 입력신호의 주파수, v 는 움직이는 물체의 속도 c 는 광속도, f' 는 주파수 변화량, λ 는 입력신호의 파장, $x(t)$ 는 물체의 변위이다. 변위의 크기가 파장의 크기에 비해 적을 때 위상 변화는 적다. 그리고 위상 변조된 신호는 원래 신호와 합치는 믹서에 의해 복조된다. 그러면 복조신호는 물체의 변위에 비례하게 된다.

$$\Delta \phi(t) = \frac{4\pi}{\lambda} x(t), \quad \lambda = \text{wavelength}$$

<그림 12> 물체의 움직임이 일정한 주기를 가지고 변화되었을때의 도플러 효과 (Doppler effect with a periodic motion)

도플러 레이더 센서시스템에 적용되는 도플러이론에 따르면 주기적으로 변화되는 변위를 가지고 움직이는 물체에 대해 주파수는 일정하나 위상 $\phi(t)$ 는 시간에 따라 변화된다. 이것을 수식으로 표현하면 식(3)과 같다.

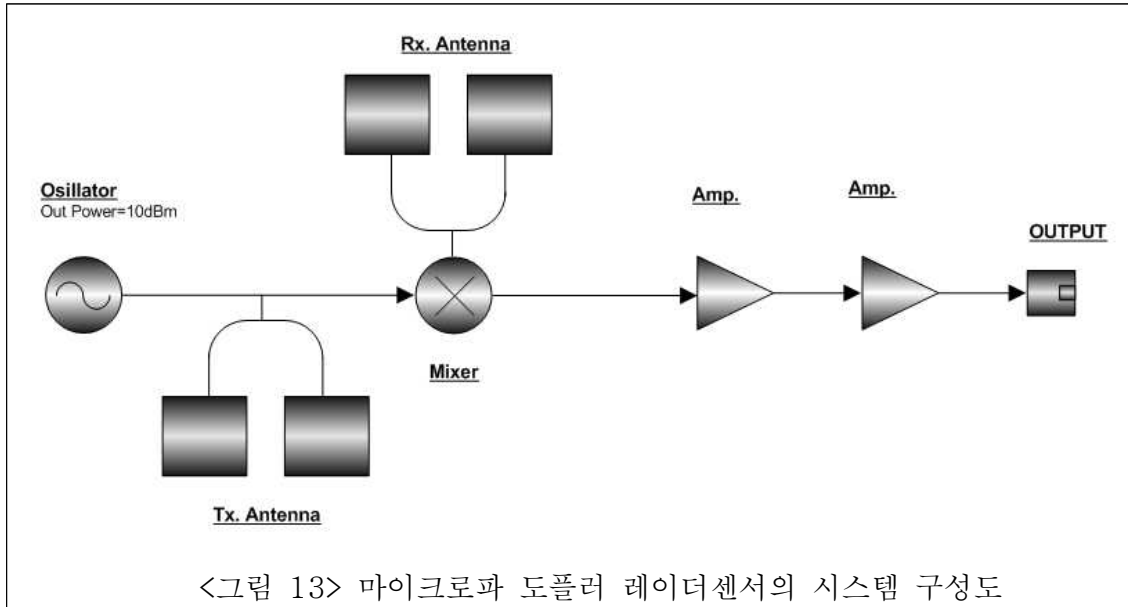
$$\begin{aligned}
 & \sin\left(2\pi f_0 t + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + 2\pi f_0 t\right) \\
 &= \sin\left(2\pi f_0 t + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \cdot \cos(2\pi f_0 t) \\
 &= \frac{1}{2} \left[\sin\left(4\pi f_0 t + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) + \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \right] \\
 &= \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \\
 &\approx \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t) \quad \left(\text{If, } \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t) \ll 1\right) \\
 &= \phi(t) \\
 &\therefore \phi(t) = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t) \tag{3}
 \end{aligned}$$

여기서 λ 는 신호의 파장이다. 물체로부터 반사된 신호는 위상변조가 되어있다. 이 물체의 변위 변화 크기가 신호파장의 크기에 비해 적으면 위상 변화는 적을 것이다. 그리고 PM신호는 믹서에 의해 복조 될 것이고 변조신호의 위상은 물체의 변위에 비례하게 될 것이다. 도플러 이론에 기반으로 개발된 마이크로파 도플러레이더 센서는 마이크로파 신호가 움직이는 물체에 부딪히면 이 신호의 주파수는 도플러 효과에 의해 주파수 변화가 발생하게 된다. 만약 물체의 움직임이 주기적이라면 물체의 움직임에 따라 마이크로파 신호의 위상변화가 있게 된다.

위상변화는 물체의 변위에 비례하여 변화된다. 이 위상 변조된 신호를 검출하려면 그림 1과 같이 간단한 송수신기에 의해서 신호가 검출된다. 되돌아오는 신호는 전송신호의 샘플과 믹서에서 합쳐지게 되는데 그 이유는 물체로 보내는 신호와 물체로부터 되돌아오는 신호간의 위상변화의 크기를 그에 비례하는 출력전압으로 나타내기 위해서이다. 이때 신호는 두 개의 2-패치안테나를 이용하여 송신신호와 수신신호를 분리시킨다. 송신 신호인 국부발진기의 일부분을 이용하여 수신된 신호는 기저대역으로 하향 변환된다. 조그마한 변위에 대해 이 기저대역 신호의 주파수는 물체의 주기적인 변위에 직접 비례하여 변화되며 국부발진기의 위상잡음이 이 시스템의 감도를 떨어뜨리는 원인중 하나가 된다.

기저대역 신호의 크기가 RF입력신호의 위상에 비례하게 되므로 RF신호의 위상잡음이 출력신호의 잡음의 크기를 증가시키게 된다. 그러나 송신신호를 발생시키는 발진기나 국부발진기가 같은 것이므로, 수신신호와 국부발진기 신호의 위상잡음 사이에는 상관관계가 존재하게 된다. 그리고 시간지연에 관계있는 상관관계 레벨은 물체의 크기와 주파수 차이에 의해 변화된다.

이러한 원리를 기반으로 레이더 센서는 아래 그림 9와 같이 구성이 가능하다.



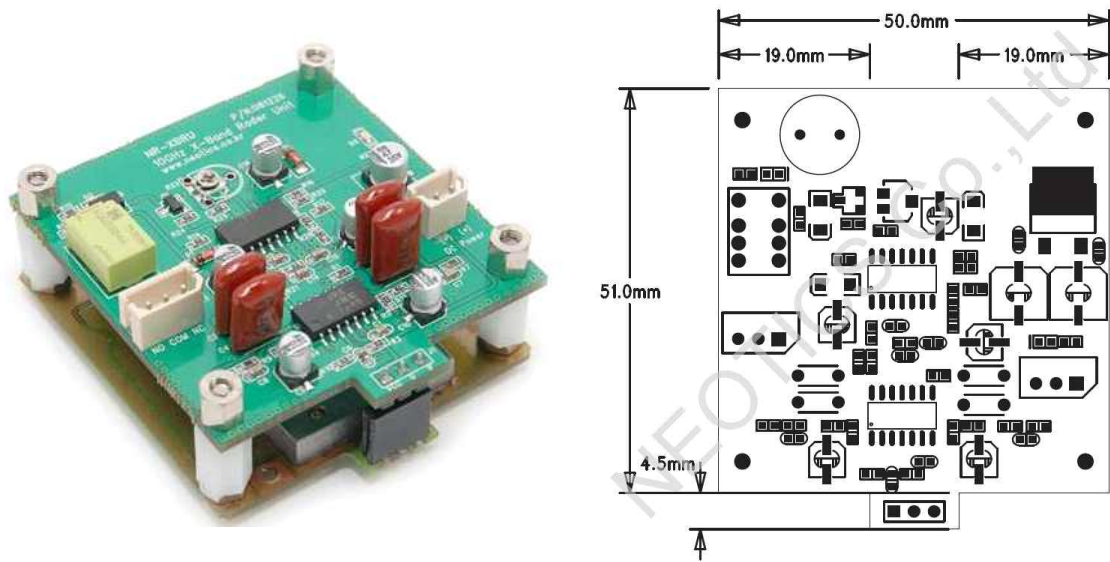
◎ 레이더 동작감지 적용 모듈

동작감지를 위해 사용된 레이더 모듈은 10GHz 무선 움직임 감지 레이더 유니트로서 초 고주파 전파를 이용한 이동체 감지용 송/수신 레이더 유니트인데 기존의 인체 적외선 열 감지(Pir)센서와 달리 인체 및 로봇 등 무생물체의 이동도 감지가 가능한 특징을 가진다. 또한, 인체 적외선 열 감지(Pir)센서와 달리 연속적인 이동체 감지가 가능하며, 감지거리가 길어 보다 완벽한 이동체 감지가 가능하다.

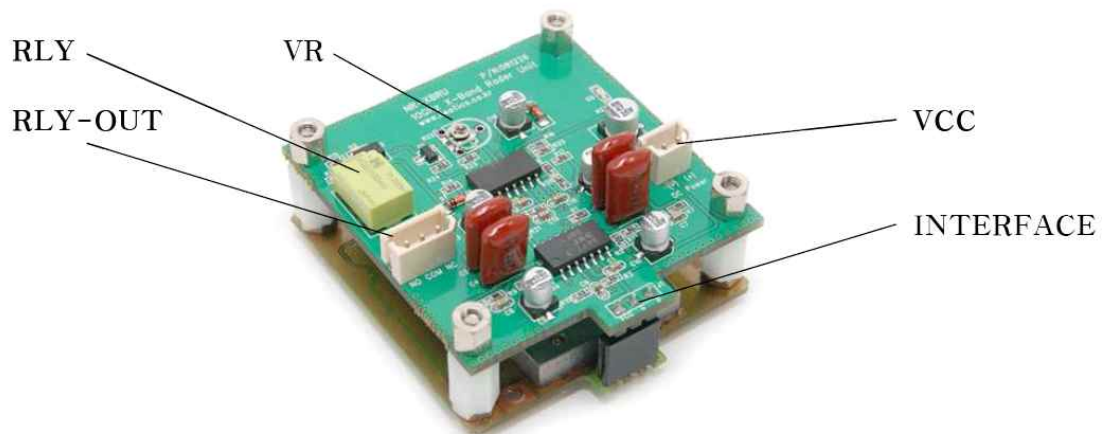
사용전원은 DC 5V 를 사용하므로 휴대기기용 및 건전지 사용이 가능하며, VCC, GND, IF 등 간단한 인터페이스(연결)로 회로구성을 쉽게 할 수 있다. 또한, 인체 적외선 열 감지(Pir)센서와 달리 햇빛이 있는 장소나, 낮에도 정확한 판별이 가능하며, 낮이나 밤에 상관없이 전천후 감지가 가능하며, 온도에 따른 오동작도 적다.

<표 9> 10GHz 무선 움직임 감지 레이더 유니트 사양

사 양	내 역
전원 전압	DC 5V.
소모 전류	60mA이하.
입력 감도	-80dBm (min)
송신 출력	10dBm
안테나 이득	8 dBi typ
수직 각도	70 °
수평 각도	36 °

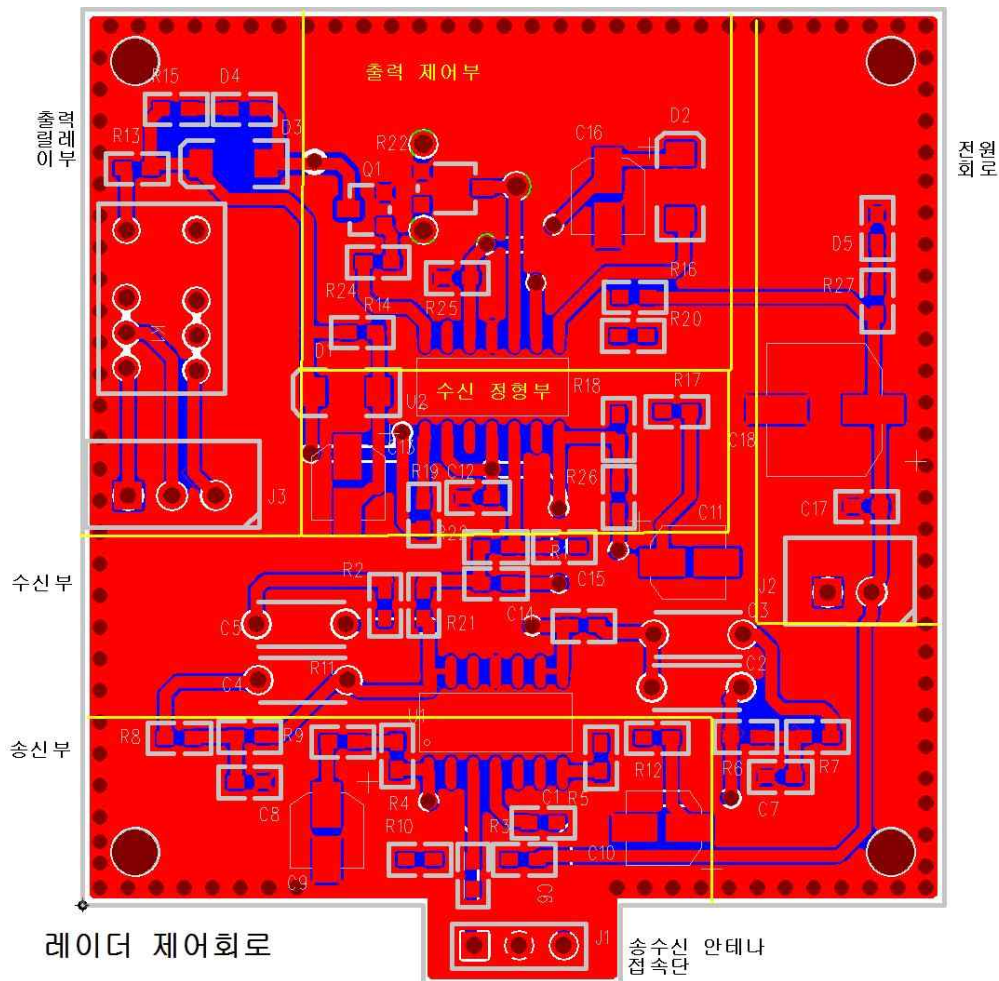


<그림 14> 10GHz 무선 움직임 감지 레이더 모듈 사진 및 제품 크기(좌; 감지레이더 유니트 사진, 우; 감지레이더 유니트 크기)



<그림 15> 레이더 센서 모듈의 요소별 기능

주) VR : 감지 감도 설정용 볼륨, RLY : 감지 시 동작하는 릴레이, RLY-OUT : 감지 시 동작하는 릴레이 출력단자 (NC, Com, NO), INTERFACE : X-BAND Module(NR-XBRU) 연결단자(IF, GND, 5V), VCC : 전원(DC 5V) 연결.



<그림 16> 레이더 센서를 채용한 Eco-fence용 PCB 아트웍 설계

레이다 센서는 사람이나 동물이 경계구역으로 진입하는 것을 인식하는 역할을 담당하며 경계구역은 통상 도로로부터 10m 내외로 지정하여 운영된다. 레이다 센서는 이웃하는 일체형 레이다 센서와는 20m 간격으로 설치되며 각각 독립적으로 사람이나 동물의 진입상황을 확인한다. 레이다 센서에서 진입이 확인되면 우선 초음파 발생기가 동작되게 하며 동시에 메인컨트롤러에 동작감지가 되었음을 통보한다. 그에 따라 메인컨트롤러의 CCTV는 작동을 시작하여 해당 레이다 센서로 줌인을 실시하고 관련 영상을 기록하기 시작한다. 만약 초음파에 반응해서 동물이 경계구역 바깥으로 벗어나게 되어 이후의 분리형 레이다 센서에서 동작이 감지되지 않으며 상황은 종료된다.

하지만 레이다 센서를 떠나 별다른 반응 없이 경계구역을 진입하고 다음 분리형 레이다 센서에 대해서도 순차적으로 이동이 감지되면 초음파에 반응하지 않는 사람으로 처리하고 관련 영상을 상황관리실에서 최종 판단토록 요구한 후에 사람임을 관리자가 확인하면 모든 상황은 종료된다.

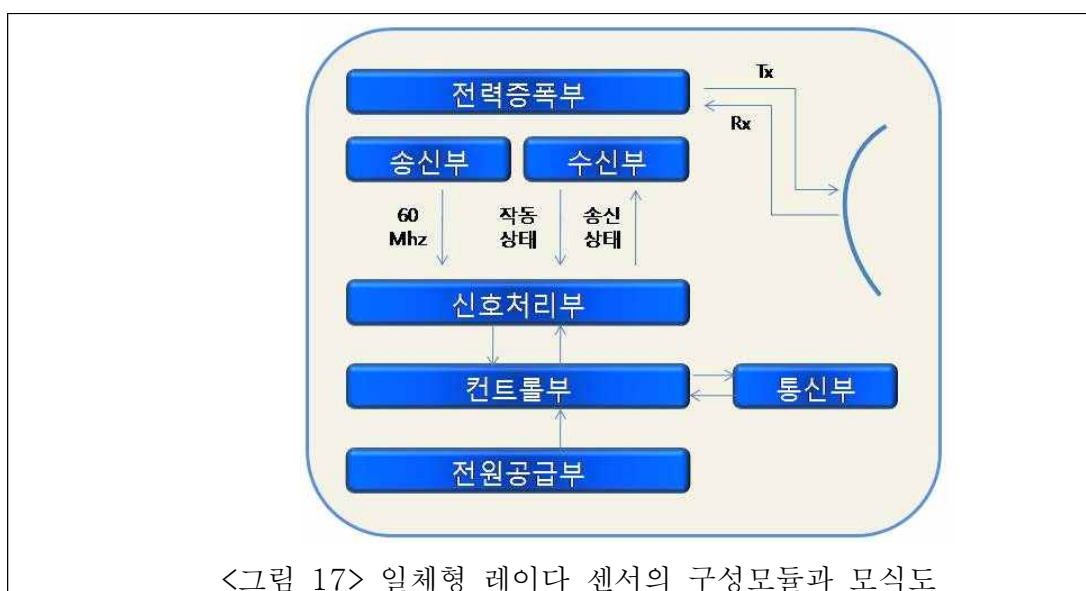
반면, 일체형 레이다 센서를 떠나 경계구역으로 진입하여 분리형 레이다 센서가

다음 진입을 감지하고 초음파 발생기를 동작시킴으로써 이에 반응하여 분리형 레이더 센서 간 동작인식 속도가 빠른 경우에는 동물로 인식하여 메인컨트롤러에 동물 진입 상황을 통보하여 이후 조치를 취하도록 한다. 이와 같이 일체형 레이더 센서는 경계구역으로의 진입여부를 확인하고 시스템이 진입에 따른 후속조치를 취하도록 하는 역할을 담당한다.

이러한 역할을 담당하기 위한 레이더의 기본구성을 보면 먼저 송신부와 수신부 그리고 신호처리부 및 전원공급부로 이루어진 송수신기가 있다. 송수신기는 레이더에서 사용되는 주파수를 생성하는 구성품으로서 그중 주파수 합성기는 안정적인 출력 주파수 신호를 지속적으로 발생시킨다. 그리고 송수신기는 주파수합성기에서 전달되어온 입력신호를 펄스형태로 만들면서 레이더가 요구하는 높은 출력으로 증폭시킨다. 송수신기에서 증폭된 전자기파는 수~수십 GHz의 주파수를 사용하므로 파이프 모양의 도파관(Waveguide)을 통하여 송수전환기로 전달된다.

송수전환기는 안테나를 송수신 겸용으로 사용할 수 있게 하는 장치로서 전자파를 송수신시 한 방향으로만 진행시키고 반대방향으로는 진행하지 못하도록 한다. 즉 송신간에는 전자파를 안테나 방향으로만 나가도록 하고 수신간에는 수신기 방향으로만 들어가도록 한다. 수신부는 송수신 전단부로부터 입력받은 신호를 증폭하여 신호처리부에서 처리할 수 있는 수준의 신호로 변환하는 기능을 하고 있다. 즉 안테나로부터 받은 미약한 수신신호를 증폭하고 신호처리가 용이하도록 고주파를 저주파로 변환시킨 후 신호처리부로 보내주는 부분으로서 일정세기 이상의 강한 신호가 들어올 경우 손상될 수 있으므로 이를 방지하기 위해 수신기 보호장치를 설치한다. 신호처리부는 송수신기의 각 조립체를 제어하는 신호를 생성하고 수신장치로부터 수신한 신호를 분석하여 표적신호를 탐지한다.

일체형 레이더 센서의 구성 모듈과 구성모듈의 모식도는 아래와 같다.



○ 야생동물 감지장치 구성모듈

- 레이더 Sensor에 의한 동작감지 모듈
- 레이더 센서와 통신모듈 등을 제어하는 Main B/D
- Add Hoc. 통신모듈(Zig bee 방식)

○ 인식 Process 및 관리용 Embedded S/W

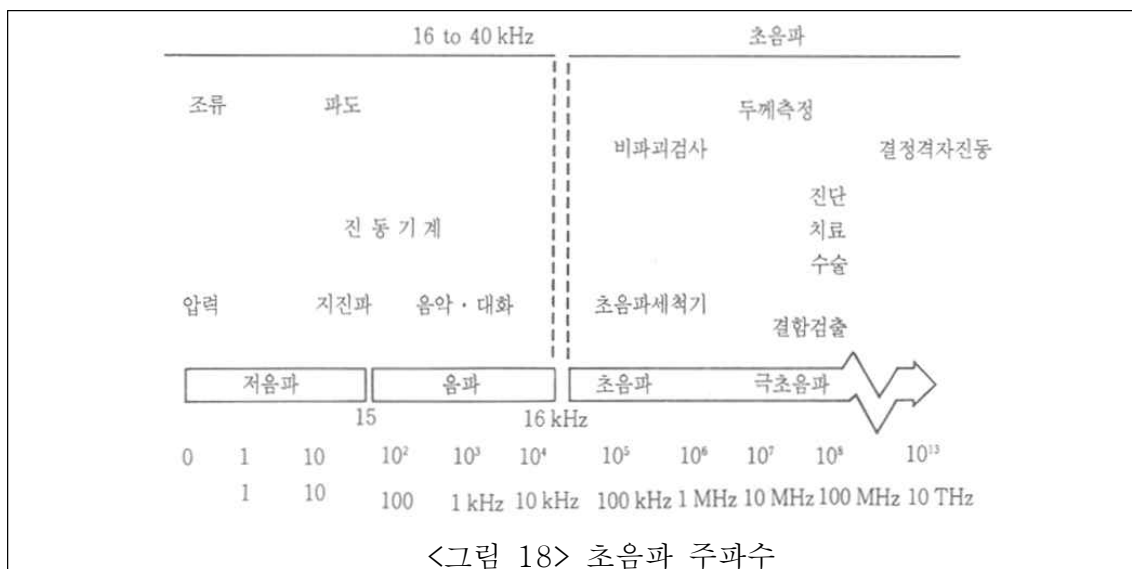
2. Eco-Fence 발생기

가. 초음파 발생기 기술

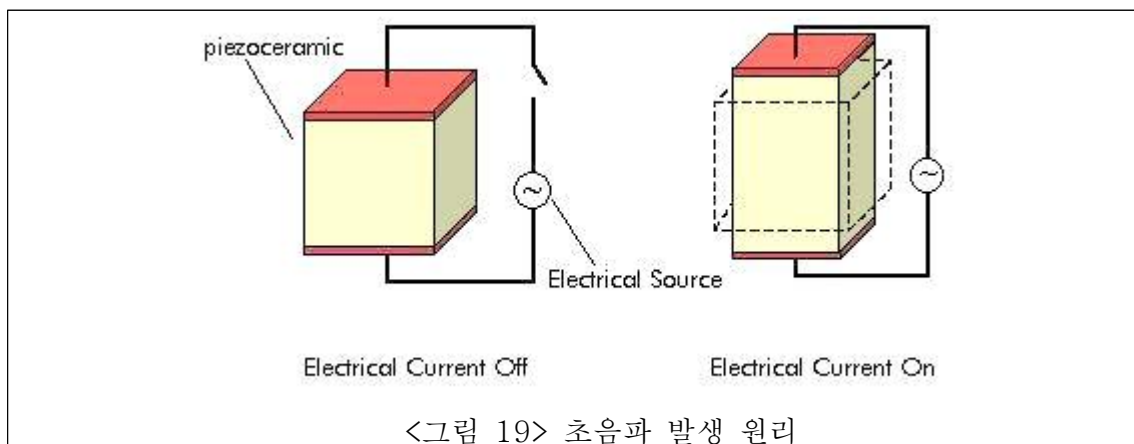
일반적으로 음파는 최저 가청 주파수보다 낮은 16 ~ 20 Hz 음파영역에 있는 저음파(Infrasound subsonic)와 사람의 귀로 들을 수 있는 주파수 대역인 16 ~ 20,000Hz의 가청 주파수와 진동 주파수가 20,000Hz(또는 17,000 Hz) 이상의 불가청 대역인 초음파(Ultrasound)와 수 십 MHz이상으로 매우 높은 주파수의 극초음파(Pretersound, Hypersound)로 구분된다.

<표 10> 초음파 분류 및 주파수

분류	주파수
저음파(Infrasound)	16-20Hz이하
음파(Sound Wave)	16-20 ~ 17,000-20,000HZ
초음파(Ultrasound)	17-20KHz이상
극초음파(Hypersound)	수 10~100MHz 이상



초음파의 발생원리를 이해하기 위해서는 먼저 압전효과(piezoelectric effect)를 이해해야 한다. 즉, 압전효과란 어떤 종류의 결정 (crystal)을 특정한 방향으로 압축 (contraction)과 팽창(expansion)을 반복시켜 주면 한쪽에는 양전하 (+)가, 다른 한쪽에는 음전하 (-)가 생겨 전류가 발생하는 것을 말한다. 이와는 반대로 결정에 교류전류를 통전시키면 결정이 압축과 팽창을 반복하여 기계적인 진동 (mechanical vibration)이 일어나 초음파를 발생시키는데 이러한 현상을 역압전 효과 (reverse piezoelectric effect)라 하는데 고주파 교류전류를 통해 역압전 효과를 일으키고 이것을 다시 기계적인 진동으로 전환하게 되면 초음파가 발생하게 된다.



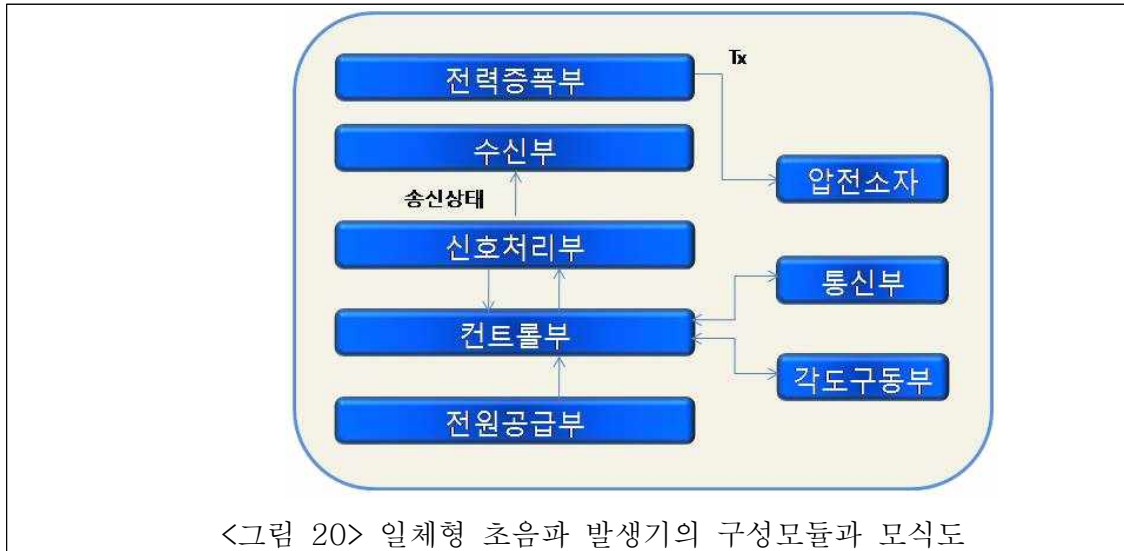
<그림 19> 초음파 발생 원리

또한, 개는 15~50,000Hz까지 들을 수 있고 고양이는 60~65,000Hz까지 들므로 사람의 가청 영역 바깥(20 KHz 이상)으로 동물들만 들을 수 있는 초음파를 발생함으로써 동물에게만 선택적으로 자극을 줄 수 있는 초음파 발생기를 개발함으로써 로드킬을 저감할 수 있다.

일체형 초음파 발생기는 경계구역에 진입하는 이동체에 대해 초지향성 비정형 초음파를 발생시켜 동물만을 대상으로 선택적으로 진입을 차단하거나 생태통로 등으로 유도하는 역할을 담당한다. 일체형 초음파 발생기는 20 ~ 35KHz 대역에서 비정형 초음파를 20m내외까지 영향을 줄 수 있는 출력으로 발생시킨다. 초음파 빔이 공간을 통과할 때 공간의 고유속성(비선형성)에 의해 이 초음파는 예측 가능한 방향으로 왜곡되는 성질을 가지고 있다.

이러한 왜곡은 가청대역의 주파수 성분으로 바뀔 수가 있는데 이를 정확히 예측하여 정밀하게 조정하여 초지향성 스피커를 적용한다. 압전 필름과 압전 세라믹이 사용되어 초음파 발생기에서 출력되는 음파를 소화할 수 있도록 한다.

일체형 초음파 발생기의 구성 모듈과 모식도는 아래와 같다.



○ 초음파 발생모듈

- 고라니와 너구리, 삥 등의 야생동물에 민감한 초음파 파장 및 출력확인
- 압전방식 초지향성 초음파 스피커
- 초음파 신호 발생모듈

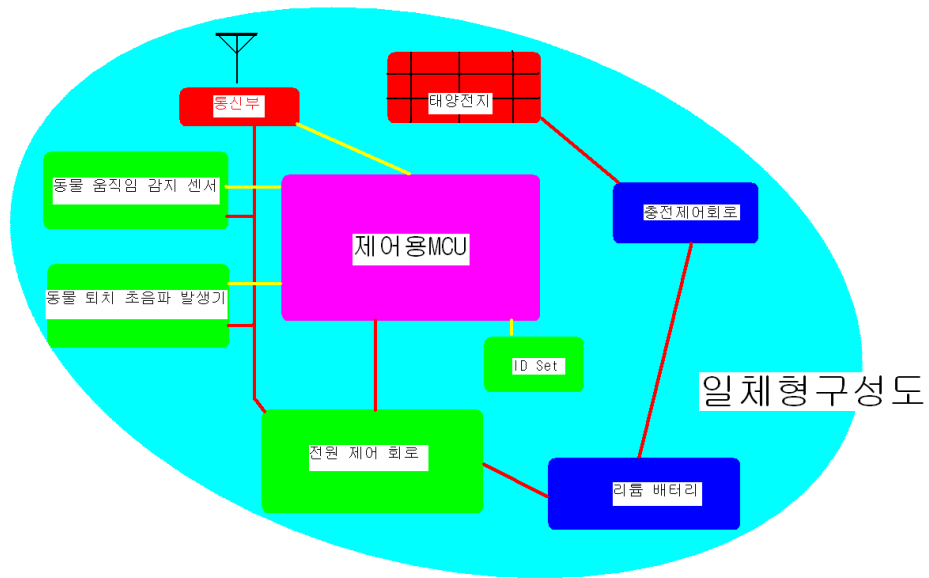
○ 도로 설치용 장치

◎ 소형 태양광 패널을 통한 전원공급 장치 개발

일체형 Eco-Fence 발생기에는 레이더 센서와 초음파 발생기와 컨트롤러와 메인컨트롤러와의 통신을 위한 통신모듈이 포함되며 각각의 장치에서 필요로 하는 전력소모량은 총 98.6 Wh이다. 이에 30 W 급 소형 태양광 패널을 이용하여 해당장치에 대해 전력을 공급하고 이들 장치의 운영상황에 대해 메인컨트롤러에서 모니터링이 가능토록 구성할 수 있다.

<표 11> 소형 태양광 패널의 전원공급 장치의 전력 및 소비전력

	레이더 센서부	초음파 발생부	컨트롤부	통신부
전력	0.9W (Max.)	5W 1시간	2W	1W
소비전력	21.6Wh	5Wh	48Wh	24Wh



<그림 21> 일체형 Eco-Fence 발생기의 제어 구성도

나. 분리형 Eco-Fence 발생기 설계



◎ 분리형 레이더 센서 설계

분리형 레이더 센서는 사람이나 동물이 경계구역으로 진입한 이후에 사람과 동물을 구분하는 역할을 담당하며 도로로부터 10m 내외로 설정된 경계구역 내에 3m 내외의 간격으로 설치되어 운영된다. 일체형 레이더 센서에 의해 감지된 이동체가 초음파에 반응하여 경계구역 내로 진입한 경우에는 분리형 레이더 센서가 그 이동을 감지하게 되며 감지되는 순간 분리형 초음파 발생기로부터 비정형 초음파를 발생토록 요청한다. 동시에 메인컨트롤러에는 감지된 위치정보를 Add Hoc. 방식에 의한 zig bee 통신으로 센스 네트워크를 통해 알려주며 메인컨트롤러에 설치된 CCTV를 해당 분리형 레이더 센서 방향으로 지향 하도록 요청한다.

만약 초음파 발생기가 동작하는 과정에서 분리형 레이더 센서가 순차적으로 일정한 속도로만 감지되면 사람으로 판정하고 센서간 감지속도가 일정 수준 이상이 되면 동물로 간주하여 메인컨트롤러에 동물출현이란 경고판이 작동하게 하며 메인컨트롤러는 관련 상황을 운영자의 모바일 단말 등에 통보토록 조치한다. 동시에 메인컨트롤러는 CCTV 영상을 상황관리실로 전송하여 이후 조치를 취하도록 한다.

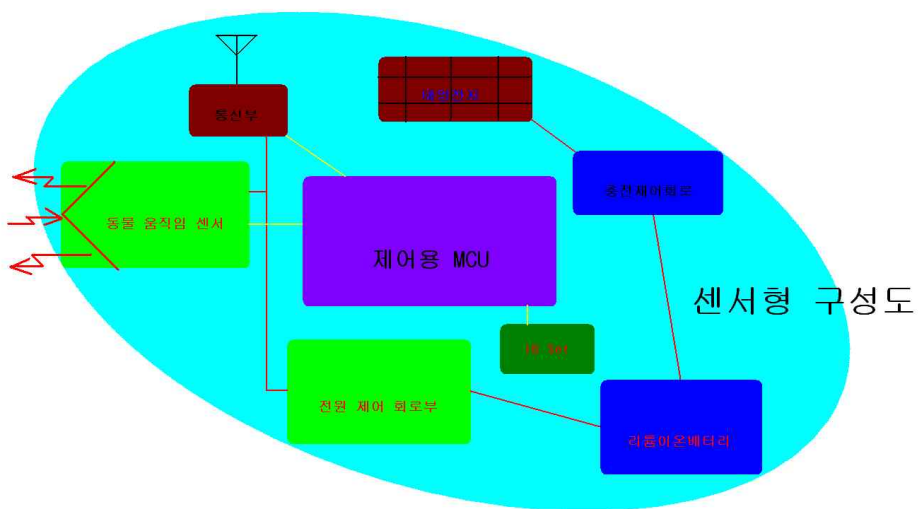
이와 같이 분리형 레이더 센서는 경계구역에 진입한 이동체를 대상으로 사람과 동물을 구분하는 역할을 담당하며 동물일 경우에는 해당 경계구역을 벗어나도록 분리형 초음파 발생기를 운영하고 시스템을 통해서도 관련 후속조치를 취하도록 하는 역할을 담당한다.

- 분리형 Eco-Fence 발생기는 도로 10m 경계구역 감시 및 동물인식
- 레이더센서는 3m간격으로 설치하여 zig bee 통신 센서네트워크
- 이동체 감지시 100평 출력 비정형 초음파(25 ~ 35 KHz) 발생



14

<그림 23> 분리형 레이더 센서의 네트워크 구성방안

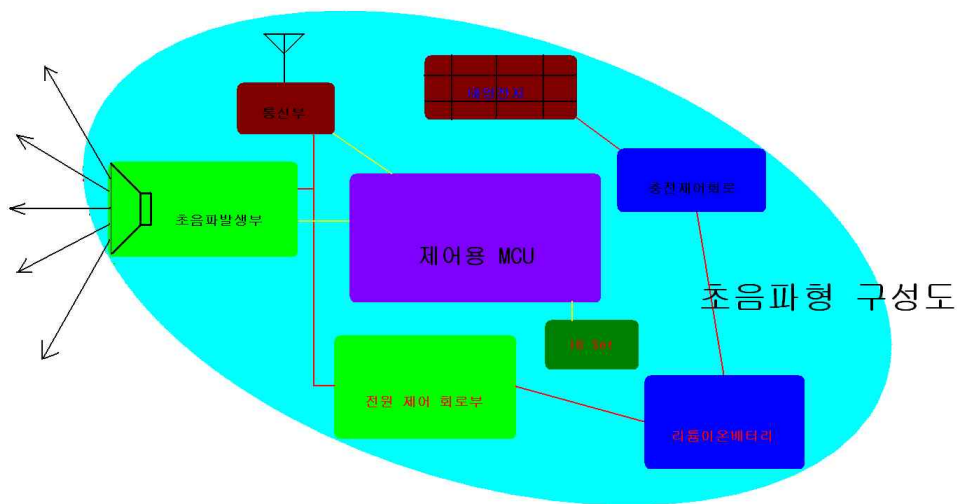


<그림 24> 분리형 Eco-Fence 발생기의 제어 구성도

◎ 분리형 초음파 발생기 설계

분리형 초음파 발생기는 경계구역에 진입한 이동체에 대해 비정형 초음파를 발생시켜 동물만을 대상으로 선택적으로 진입을 차단하는 역할을 담당한다. 분리형

초음파 발생기는 분리형 레이더 센서에 의해 이동체가 관측되면 20 ~ 35Khz 대역에서 비정형 초음파를 100평 내외까지 영향을 줄 수 있는 출력으로 발생시켜 동물에 한해서 선택적으로 반응하도록 유도한다. 분리형 레이더 센서에서 동작이 감지되는 순간부터 지속적으로 초음파를 발생시키며 레이더 센서의 동작 감지가 종료되는 순간에 발생을 종료토록 운영한다.



<그림 25> 분리형 초음파 발생기의 제어 구성도

◎ 소형 태양광 패널을 통한 전원공급 장치 설계

a. 분리형 Eco-Fence 발생기(레이더 센서)에는 레이더 센서와 컨트롤러와 메인컨트롤러와의 통신을 위한 통신모듈이 포함되며 각각의 장치에서 필요로 하는 전력소모량은 총 93.6 Wh이다. 이에 30 W 급 소형 태양광 패널을 이용하여 해당장치에 대해 전력을 공급하고 이들 장치의 운영상황에 대해 메인컨트롤러에서 모니터링이 가능토록 구성한다.

<표 12> 소형 태양광 패널의 전력 공급 장치의 전력과 소비전력

	레이더 센서부	컨트롤부	통신부
전력	0.9W (Max.)	2W	1W
소비전력	21.6Wh	48Wh	24Wh

b. 분리형 Eco-Fence 발생기(초음파 발생)에는 초음파 발생부와 대상물의 방향으로 회전하는 구동부와 컨트롤러와 메인컨트롤러와의 통신을 위한 통신모듈이 포함되며 각각의 장치에서 필요로 하는 전력소모량은 총 87 Wh이다. 이에

25 W 급 소형 태양광 패널을 이용하여 해당장치에 대해 전력을 공급하고 이들 장치의 운영상황에 대해 메인컨트롤러에서 모니터링이 가능토록 구성이 가능하다.

<표 13> 분리형 Eco-Fence 발생기의 전력과 소비전력

	구동부	초음파 발생부	컨트롤부	통신부
전력	10W 1Hr	5W 1Hr	2W	1W
소비전력	10Wh	5Wh	48Wh	24Wh

다. Eco-Fence 현장시험용 장치개발

◎ 1차 시험용 장치 개발

a. 에코펜스 시험기 Type1 작동모드

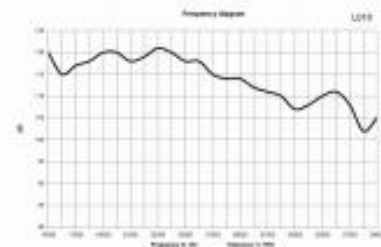
- 적외선 센서에 의해 동작 감지시 30초간 초음파 발생
- 초음파 발생시에는 붉은 색 LED 램프 점등

b. 부분별 사양

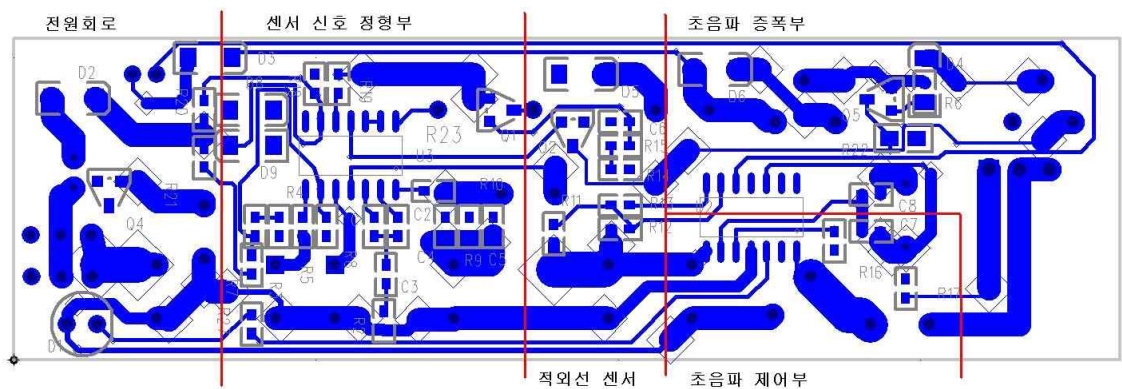
- 초음파 스피커

<표 14> 초음파 스피커 사양

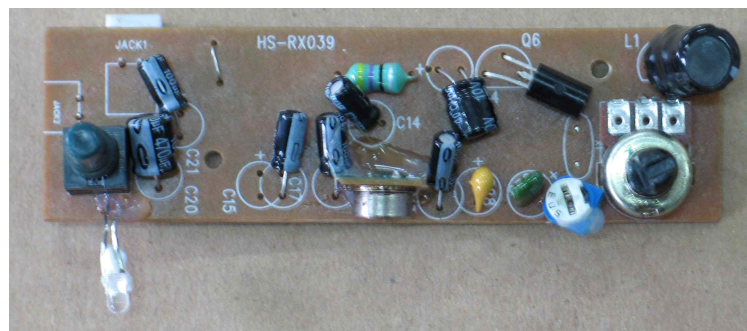
Item	Characteristics
Rated voltage	16 V _{p-p}
Max. rated long power	30 V _{p-p}
Frequency range	approx. 2 - 60 kHz
Sound pressure level	max. 120 dB (± 15%)
Operating Temperature	approx. -25° C to +80° C
Weight	approx. 6 g
Dimensions	diameter: Ø approx. 41 mm, height: approx. 12 mm



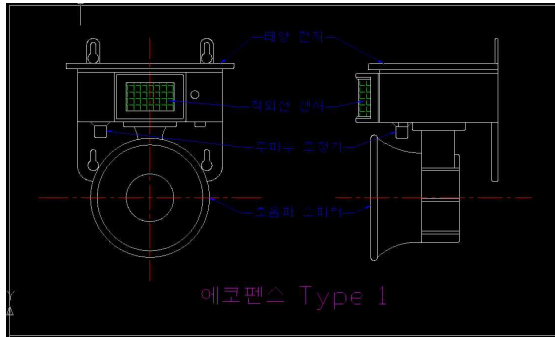
<그림 26> 적용된 초음파 스피커 및 특성자료(좌; KEMO 초음파 스피커, 우; 스피커 특성)



<그림 27> PCB 아트웍 도면



<그림 28> 1차 제품 PCB 시제품 사진



<그림 29> 1차 제품 외형 디자인도면



<그림 30> 1차 제품 외형 사제품사진

◎ 2차 시험용 장치 개발

a. 에코펜스 시험기 Type2 작동모드

- 리모트 모드 : 리모트 모드 선택시 리모컨 신호시 마다 초음파가 발사된다.
작동시마다 플래쉬가 5초간 켜진다.
- 센서모드 : 센서모드 선택시 적외선센서에 감지되면 초음파가 발사된다. 작
동시마다 플래쉬가 5초간 켜진다.
- 플래시 모드 : 리모컨의 플래시 모드 동작시 LED만 켜진다.

b. 부분별 사양

- 동작조절용 리모컨

<표 15> 리모컨 사양

항목	특성치	항목	특성치
사용주파수	447.7MHz	안테나 임피던스	50Ω
출력	5mW	수신감도	-120dBm
발진방식	크리스털	유효거리	300m
주파수 안정도	± 5ppm	최대거리	700m
변조방식	FSK	대기시 전류	10mA, 0.05W
최대 주파수 편이	± 2.2KHz	동작온도	-10℃ ~ +50℃
점유 주파수 대역폭	± 8.5KHz이하	작동전압	DC 5V



<그림 31> 리모컨 송신기



<그림 32> 리모컨 수신기

- 적외선 센서 (PIR ;Passive infrared sensor)

<표 16> 적외선 센서 사양

항목	특성치	항목	특성치
센서 규격	PIR- D203B	감지 방향	수평 ± 50 도, 수직 120도
작동영역	5-14um	감지거리	7M이상
감도	$\geq 3300V/W$	출력방식	오픈 드레인
전원전압	3 - 15V DC	작동온도	영하20도-영상 75도
입력 창 크기	5*3.8mm	소비전류	1.2mA, 5V, 0.006W



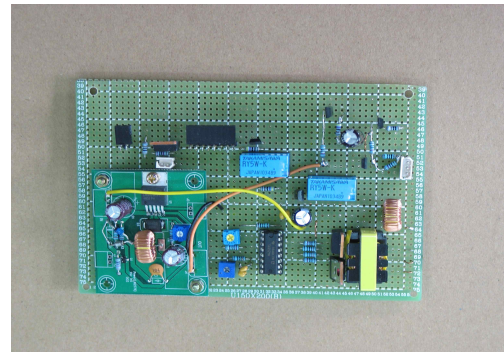
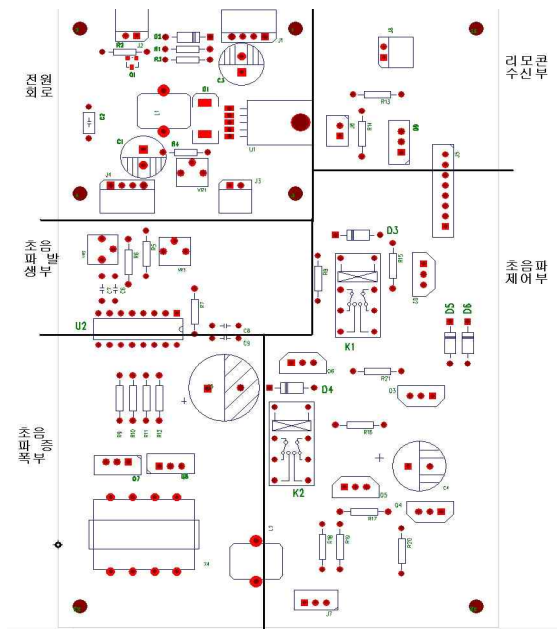
<그림 33> 적용된 적외선 센서 사진

- 초음파 스피커 : 1차 시제품과 동일
- 초음파 발진 증폭부

<표 17> 초음파 발진 증폭부 사양

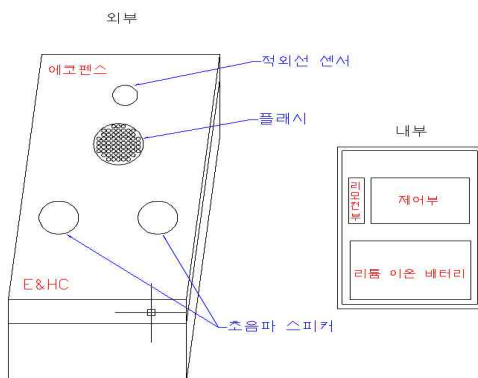
항목	특성치	항목	특성치
주파수	8KHz-48KHz	최대 소모전류	3A
출력	MAX 25W	대기전류	8mA, 12VDC, 0.96W
사용 IC	UC3524	배터리 대기시간	약 15일
출력 트랜스	2525		

c. Eco-Fence PCB 아트웍



<그림 34> 적외선 센서에 의한 동작감지 및 초음파발생기 회로도 및 PCB 사진
(좌; 아트웍 도면, 우; PCB 시제품사진)

d. 외형 디자인 및 시제품



<그림 35> 외형 디자인 및 시제품 사진

라. 동물별 음파 반응특성 평가

◎ 고라니 반응특성 현장시험 - 광릉수목원

a. 1차 초음파 발생장치 반응특성 시험

- 2011년 12월 2일 광릉수목원 고라니 사육장에서 현장시험 진행
- 고라니의 Eco-fence 반응현상 나타남



반응직전



회피현상

<그림 36> 1차 시제품(비가청 초음파 발생기) 고라니 반응특성 시험결과

b. 2차 초음파 및 가청대역 음파 발생장치 반응특성 시험

- 2012년 1월 18일 ~ 2월 10일 광릉수목원 고라니 사육장에서 장기 반응특성 현장시험 진행
- 1차 시험과 달리 고라니의 Eco-fence 반응현상이 크게 나타나지 않음

Eco-Fence 설치사진



CCTV 설치 사진



<그림 37> 1, 2차 시제품의 고라니 장기반응특성 관측장비 설치

반응직전

회피 현상 관찰



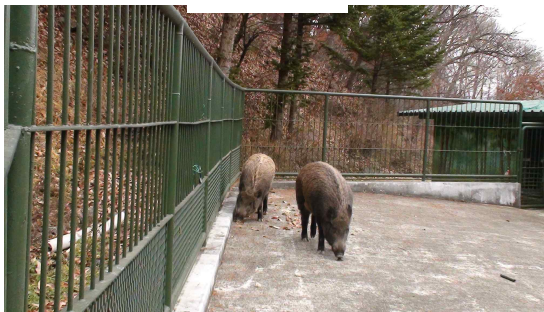
<그림 38> 2차 시제품의 고라니 반응특성 시험결과

◎ 멧돼지 반응특성 현장시험 - 광릉수목원

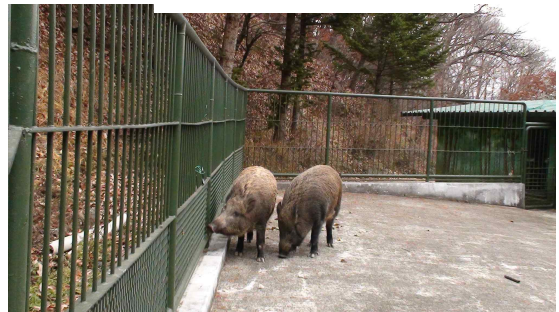
a. 1차 초음파 발생장치 반응특성 시험

- 2011년 12월 2일 광릉수목원 멧돼지 사육장에서 현장시험 진행
- 비가청대역의 Eco-fence 1차 시제품에는 멧돼지 반응 없음

반응직전



회피 현상 없음

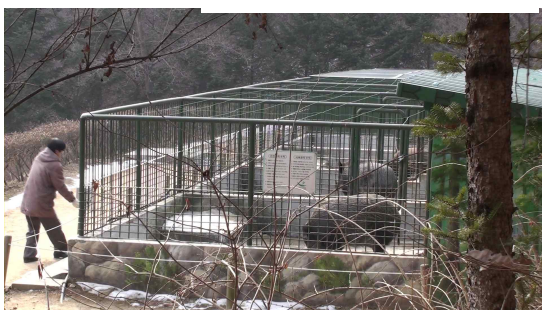


<그림 39> 1차 시제품(비가청 초음파 발생기) 멧돼지 반응특성 시험결과

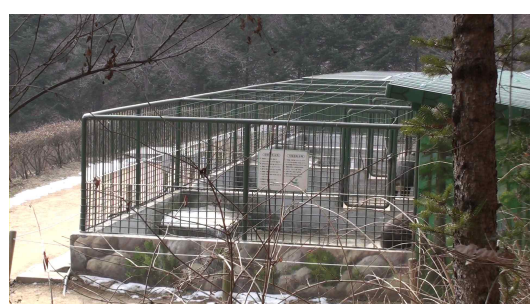
b. 2차 초음파 및 가청대역 음파 발생장치 반응특성 시험

- 2012년 1월 18일 광릉수목원 멧돼지 사육장에서 초음파 및 가청대역 음파 발생장치의 반응특성 현장시험 진행
- 초음파에는 반응을 보이지 않으나 가청대역 음파에는 회피현상 보임

초음파 반응 없음



가청대역 음파 회피 현상 보임



<그림 40> 2차 시제품(초음파 및 가청대역 발생기) 멧돼지 반응특성 시험결과

- ◎ 사육 노루 반응특성 현장시험 - 제주도 야생동물구조센터
- 2011년 12월 22일 ~ 23일 사육노루의 반응특성시험 실시
 - 사육노루는 회피현상이 뚜렷하지 않으나 자리를 떠나는 현상 나타남

반응 직전



회피 현상



<그림 41> 2차 시제품 사육노루 현장반응시험

- ◎ 야생 노루 반응특성 현장시험 - 제주시 일원
- 2011년 12월 24일 제주시 노루 출몰지의 야생노루 반응특성시험 실시
 - 노루는 비가칭대역보다는 가칭대역에서 회피현상이 나타남

반응 직전



회피 현상

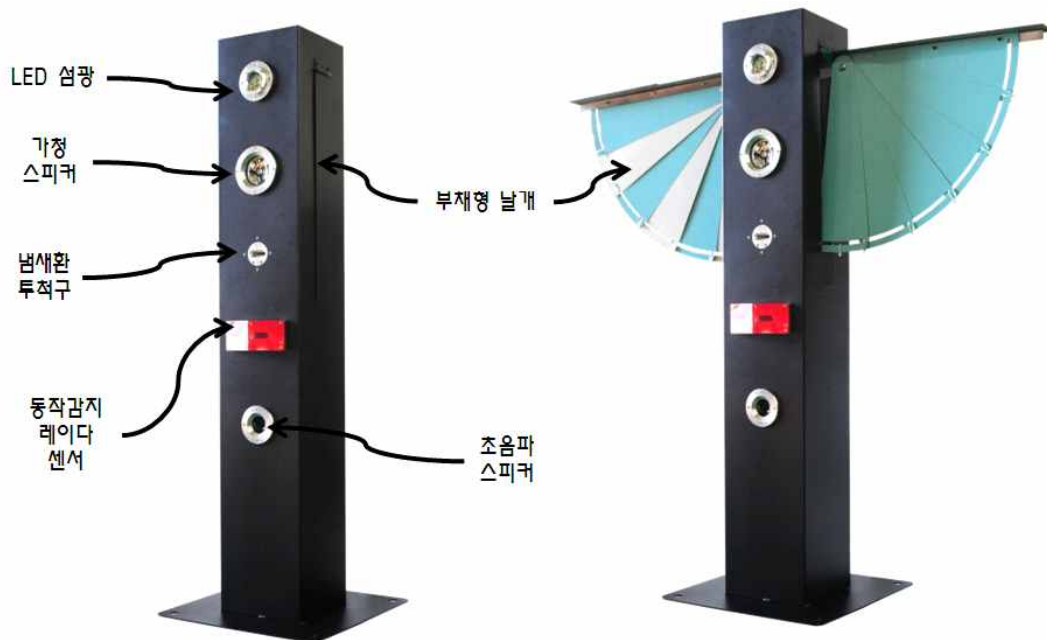


<그림 42> 2차 시제품 야생노루 현장반응시험

마. 현장설치용 Eco-Fence 개발

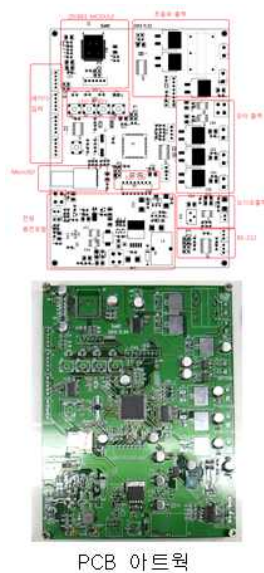
◎ 1차 현장설치용 Eco-Fence 개발

- 동작감지 센서와 초음파 발생기 및 LED 섬광과 부채형 날개를 통해 동물을 위협하는 독립형 Eco-Fence



<그림 43> Eco-Fence 최종 시제품

- Eco-Fence PCB 개발



PCB 아트웍

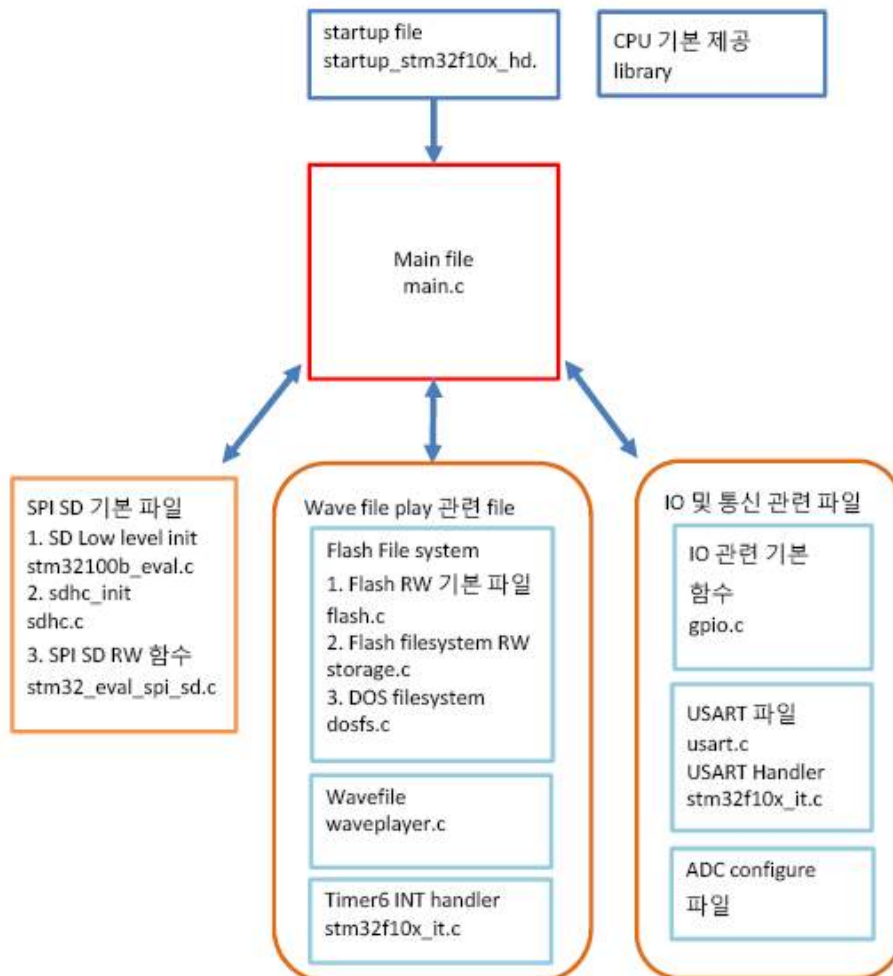


Eco-fence 테스트용 시제품 사진

<그림 44> Eco-Fence 적용 PCB

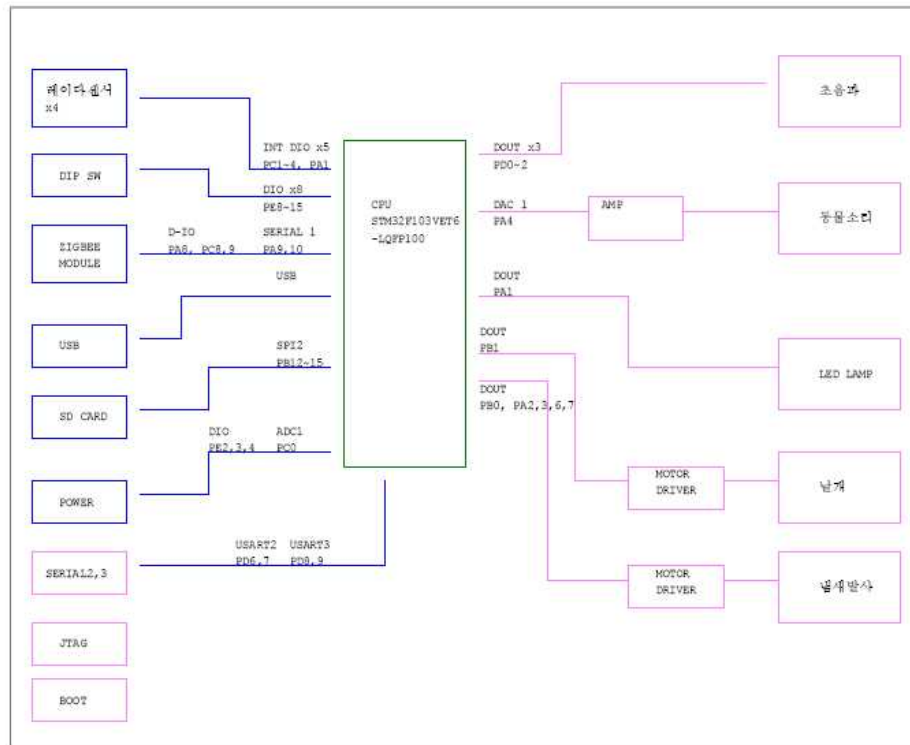
◎ 2차 현장설치용 Eco-Fence

- 기존의 단독형과 비교하여 M2M 통신기능을 강화하여 한곳의 Eco-fence에서 동작감지에 따른 초음파 및 기계장치의 동작이 발생하면 그 인근의 Eco-fence가 동시에 작동될 수 있도록 개발
- 에코펜스 발생기 : 기존의 초음파를 포함하고 가청대역의 음파와 각종 동물의 울음소리의 발생이 가능토록 하여 다양한 동물에 대한 보호기능이 가능토록 하며 장치내에 날개가 펼치지는 기능과 같은 기계적인 장치를 포함시켜 시각적인 자극도 병행함으로써 동물의 적응가능성을 최소화 할 수 있는 장치개발
- M2M 통신 장치 : Zigbee 통신을 통해 Eco-fence 간 동작 상황 전달기능을 통해 동물의 자극을 극대화 할 수 있는 기구 설계 및 제품 개발
- 소프트웨어 개발을 위한 블록 다이어그램



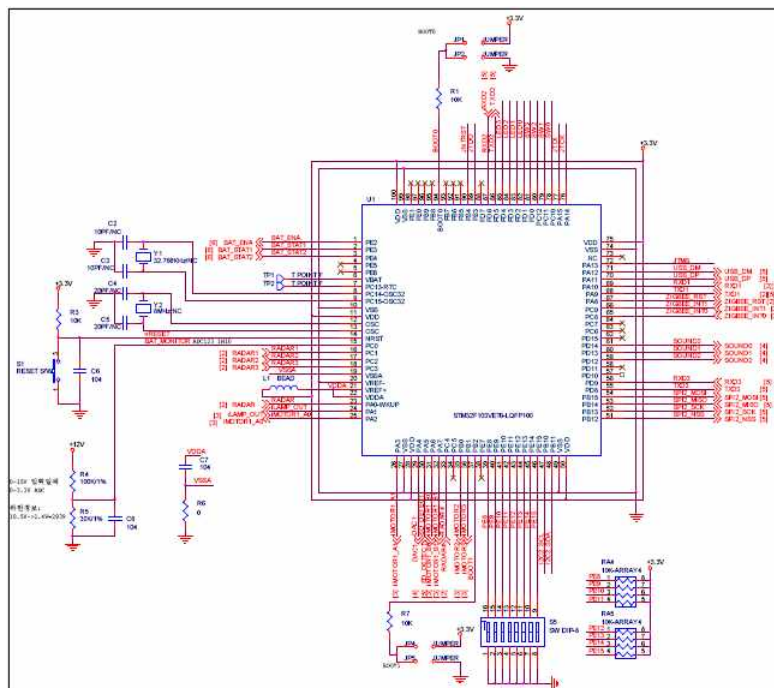
<그림 45> 소프트웨어 개발 블록 다이어그램

- 하드웨어 개발을 위한 블록 다이어그램



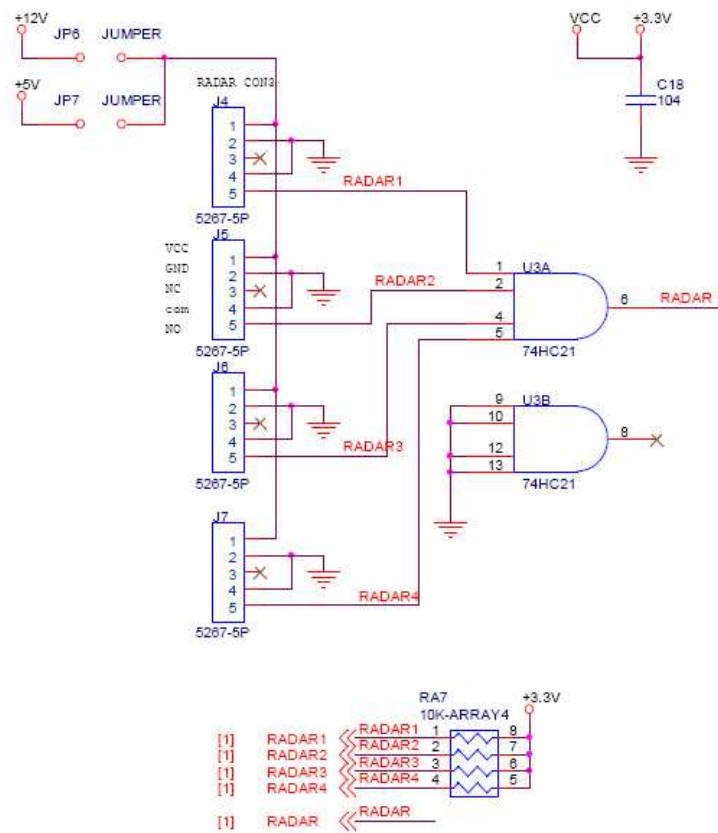
〈그림 46〉 하드웨어 개발 블록 다이어그램

— CPU 회로도



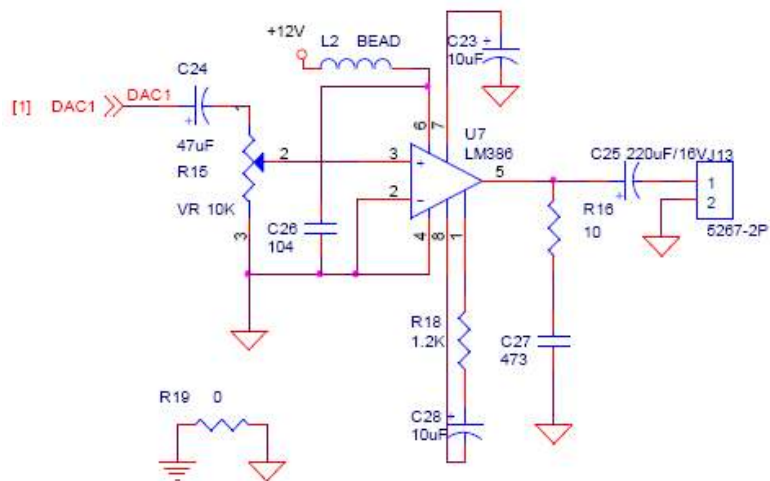
<그림 47> CPU 회로도

- 센서입력 회로도



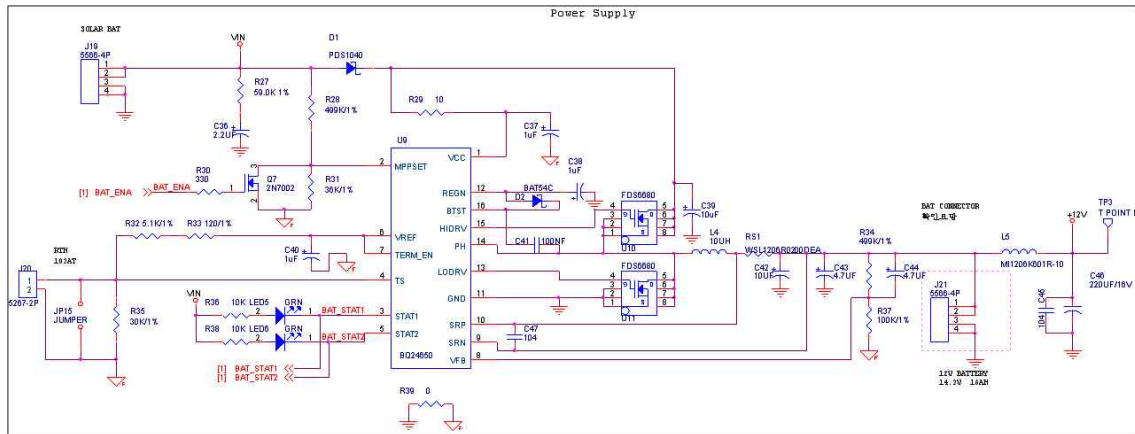
<그림 48> 센서입력 회로도

- 소리출력 회로도



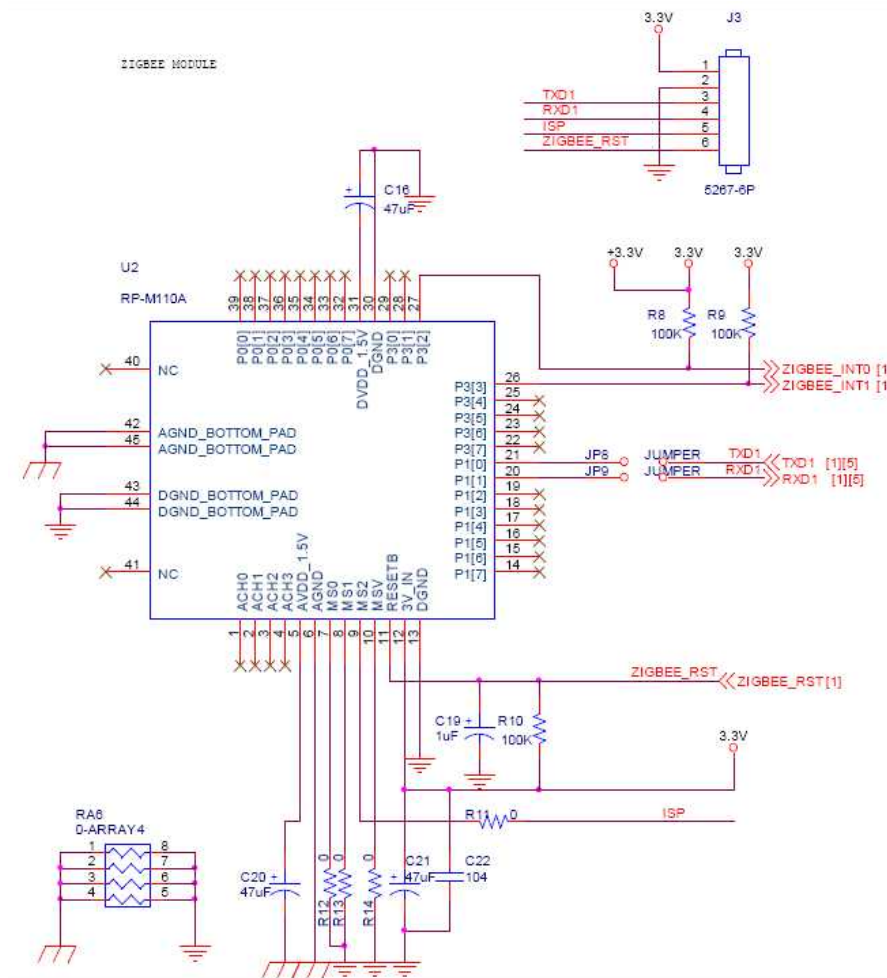
<그림 49> 소리출력 회로도

- 전원부 회로도



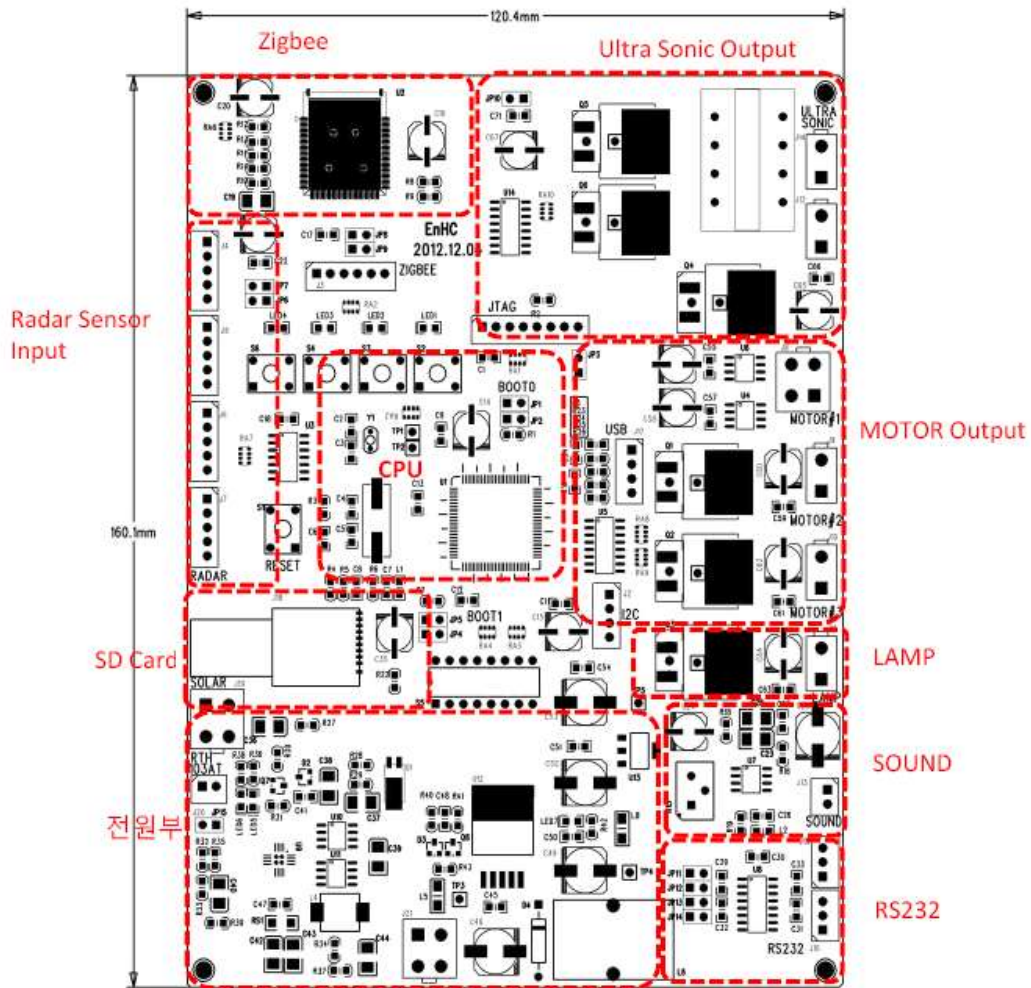
<그림 50> 전원부 회로도

- Zigbee 회로도



<그림 51> ZigBee 회로도

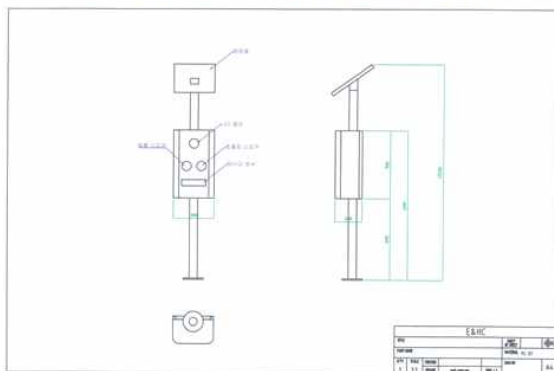
- Top면 배치도



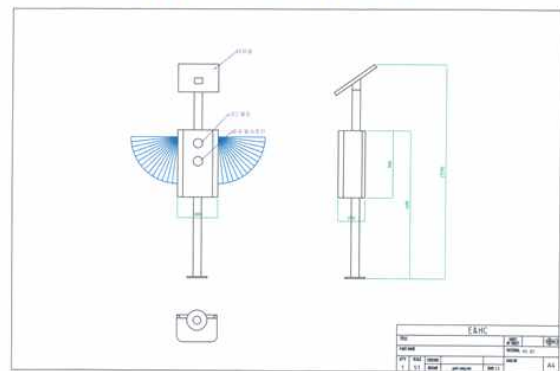
<그림 52> PCB 탑면 배치도

- Eco-Fence 외형 보완 및 수정

Eco-Fence : 초음파/음파 발생기



전자허수아비 : 냄새환/날개 동작



<그림 53> 외형 수정용 CAD 도면

◎ Eco-Fence 종류별 장단점 분석

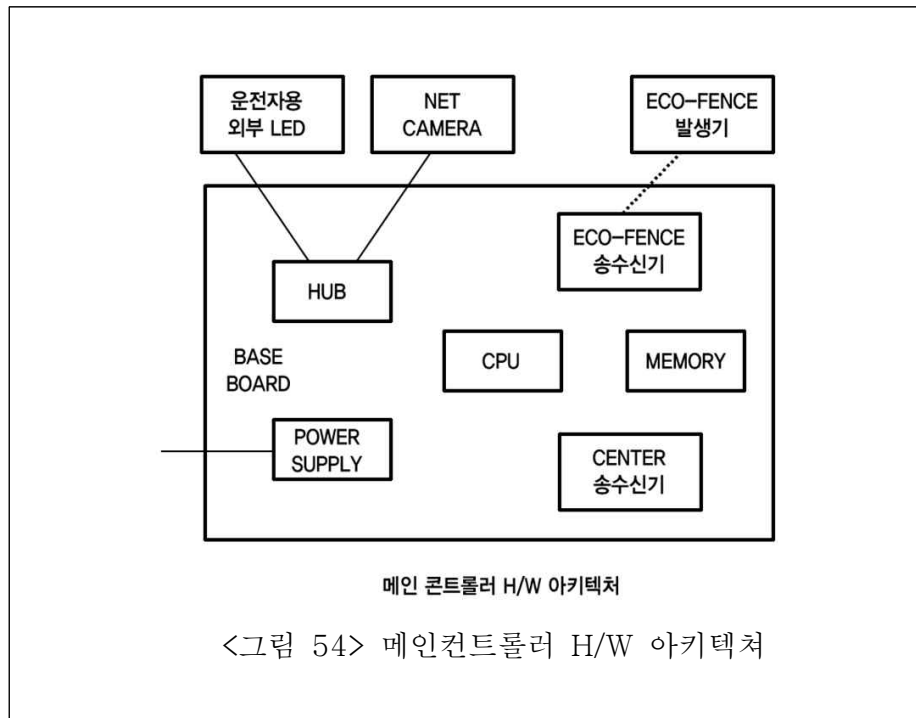
<표 18> 네트워크형과 단독형의 장단점 분석

구분	네트워크형	독립형
장점	■ 음파유형 및 펌웨어의 원격 Upgrade를 통한 동물의 음파에 대한 학습 능력 저감 및 유지관리 비용 절감 ■ 장비의 동작유무등에 대하여 원격 감지를 통한 유지관리의 편의성 증대 및 신뢰성 확보 ■ LED 운전자 알림판, CCTV 등 확장 기능 제공이 가능하여 광범위한 정보체계 구축 가능 ■ 동물의 출현횟수, 영상 분석을 통한 출몰 동물유형 등의 통계자료 구축 및 정보화를 통한 생태환경 연구자료 활용가능 ■ 외부정보(지역, 날씨, 시간 등)과의 정보 활용을 통한 상세화된 통계자료 구축 및 상세화된 통계자료에 근거한 날씨별, 시간별 상황예보를 통한 관리자 및 운전자에게 적절한 안내 전달 가능 ■ 로드킬 상황 및 기타 상황에 대하여 의사결정자의 즉각적인 대응 가능	■ 설치비용 절감을 통한 가격경쟁력 향상 ■ 기존 설치된 펜스와의 결합 및 활용을 통한 활용성 증대 ■ 공항, 철도, 농경지역등에 특화된 다양한 제품군으로의 확장이 가능하여 기회성, 사용성 향상 ■ 전원, 통신등의 Infra 설비와 상관없이 설치가 가능하여 열악환경지대(산악, 암석지대 등)와 무관하게 지원가능 ■ 다양한 환경의 해외지역 수출시 Infra 설비와 무관한 조건 제시 가능
단점	■ 가격경쟁력 약화 ■ 기존 관리 시스템과의 통합 이슈 발생 가능 ■ 전원 통신등의 Infra 설비 이슈 발생 가능	■ 장비의 동작유무에 대한 판단과 새로운 음파 및 펌웨어 업그레이드의 어려움 ■ 생태환경등의 연구자료 수집 및 통계자료 생성과 상황별 즉각 대응의 어려움

제 2절 메인 컨트롤러 개발

1. 하드웨어 아트웍 및 개발

메인 컨트롤러는 크게 핵심 기능을 담당하는 내부장치와 확장기능을 담당하는 외부장치로 구분할 수 있으며, 내부장치는 통신장치와 중앙관리장치로 구성된다. 통신장치는 다시 Eco-Fence 발생기와 통신·제어를 위한 Eco-Fence 송수신장치와 상황실과의 정보 송수신을 위한 Center 송수신기로 구분되며, 중앙관리장치는 통신장치와 외부장치간의 정보 가공, 전달 기능통제등 담당할 수 있도록 구성한다. 외부장치는 메인컨트롤러의 기본 목적 외에 향후 발전방향을 고려하여 선택적으로 확장 하거나 축소하여 설치될 수 있도록 구성된다.



메인컨트롤러의 내부장치는 경계구역의 중앙부분에 위치하여 양쪽의 Eco-Fence 발생기와 정보 송수신을 담당하는 역할을 한다. 메인컨트롤러는 레이다 센서에서 동물의 진입 정보를 확인할수 있으며, 초음파 발생기로부터 동작 여부와 형태등을 확인할 수 있다. 이에 따라 메인컨트롤러의 외부장치인 CCTV를 작동하여 관련영상을 기록하고 상황실의 상황관리 시스템에게 관련정보와 함께 영상 정보를 진입동물이 초음파에 반응해서 경계구역 바깥으로 벗어나게 될 때까지 계속되며 센서에서 동작이 감지되지 않으면 멈추게 된다.

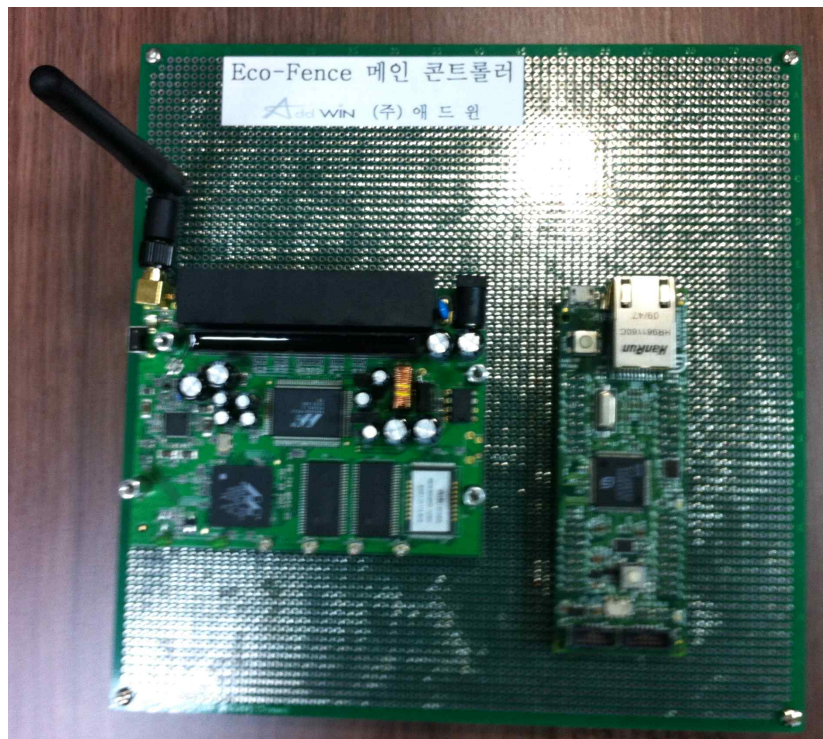
이와 같이 메인컨트롤러는 경계구역으로의 진입여부등의 정보를 확인하고 상황

관리시스템을 통해 의사결정자의 의사결정을 지원하여 후속조치를 경계구역의 Eco-Fence 발생기에게 전달하는 역할을 담당한다.

이러한 역할을 담당하기 위한 메인컨트롤러의 기본구성을 보면 먼저 Eco-Fence 송신부와 수신부, Center 송신부와 수신부 그리고 중앙관리장치, 전원 공급부 및 외부장치의 연결을 돕는 연결부로 이루어진 내부장치가 있다. Eco-Fence 송수신기는 Eco-Fence 발생기와 메인컨트롤러간의 안정되고 신뢰성 있는 네트워크 연결을 위해 사용되며, 통신성능 향상과 신뢰성 확보를 위해 M&S 기법을 적용하여 최적의 상태를 설정할 수 있다. Center 송수신기는 Eco-Fence 송수신기에서 수집된 정보를 중앙관리장치가 상황실에 전송가능한 형태로 가공하고 이를 상황관리시스템에 전달 하는 역할을 담당하며, 반대로 상황관리 시스템의 의사결정 정보를 중앙관리장치가 Eco-Fence 송수신기를 통해 전파할수 있도록 상황 관리시스템으로부터 수신하는 역할을 담당한다. 이러한 Eco-Fence 송수신기, 중앙관리장치 및 Center 송수신기는 유기적인 역할을 담당, 현장과 상황실과의 정보 전달의 핵심적인 역할을 수행하게 된다.

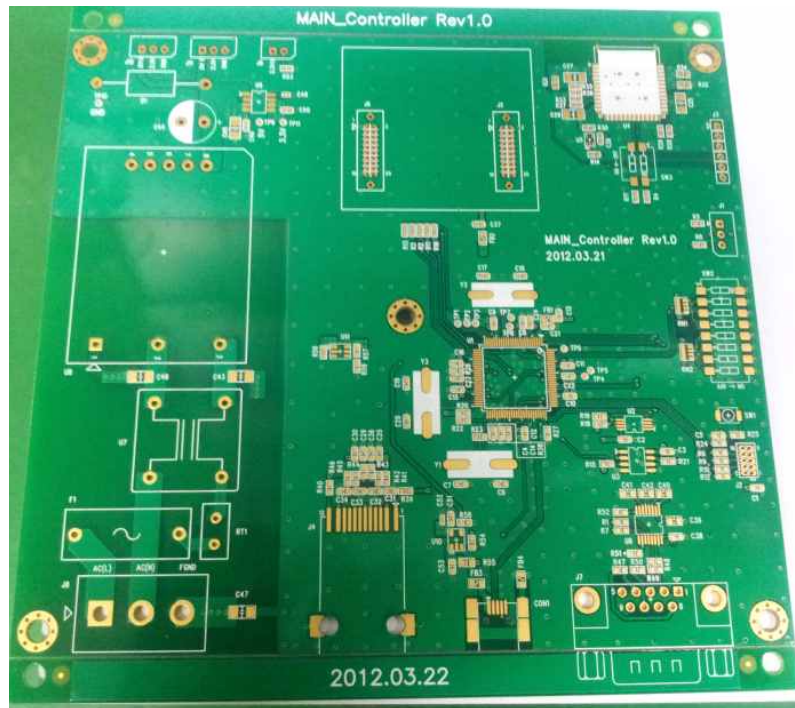
메인컨트롤러는 이러한 핵심 역할 외에 영상정보 기록 및 상황 전파를 위한 외부장치를 연결하기 위한 연결부가 포함되어 메인컨트롤러의 기능을 확장할 수 있어 유연한 확장기능을 제공할 수 있다.

메인컨트롤러 유닛 (프로토타입)



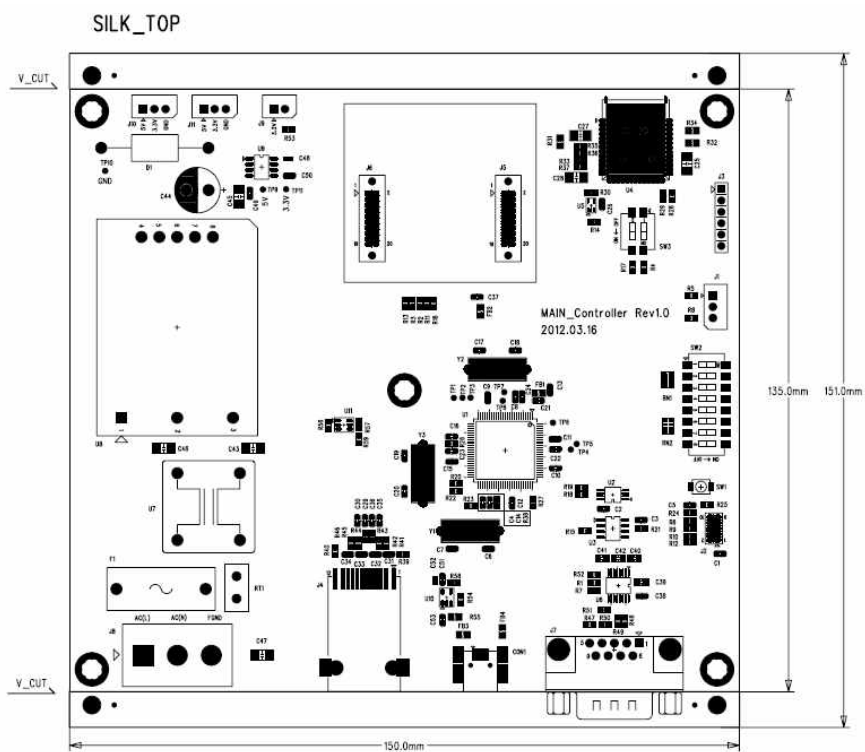
<그림 55> 메인 컨트롤러 모듈 사진

메인컨트롤러 유닛 (시제품)



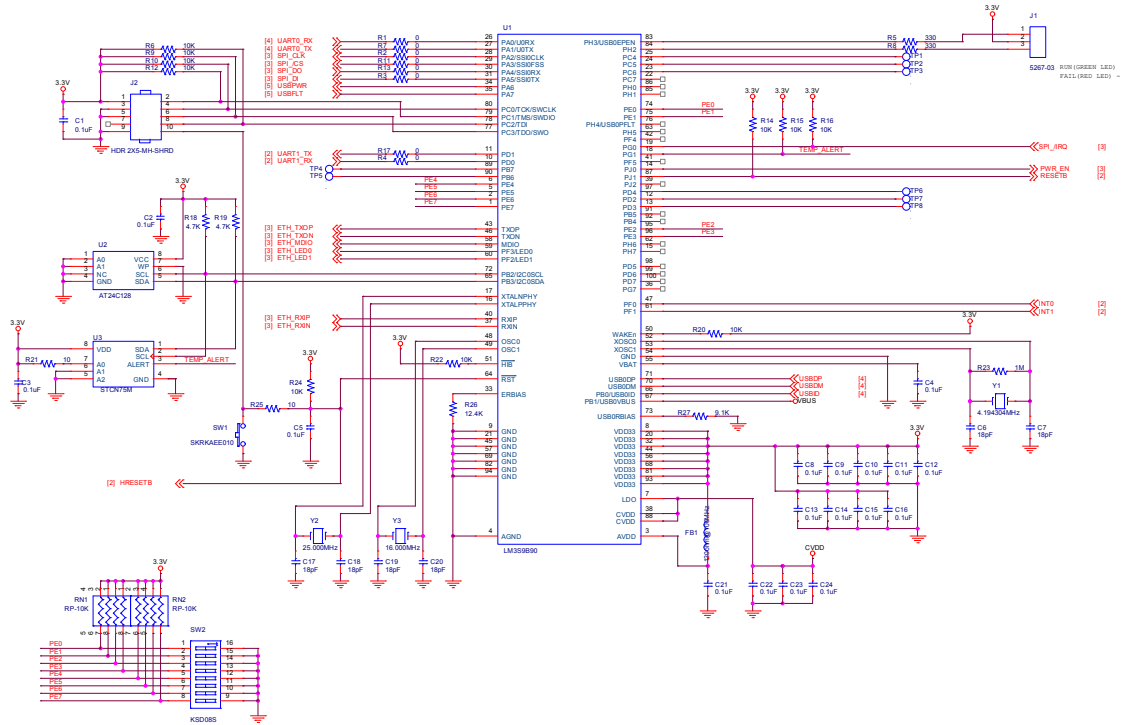
<그림 56> 메인 컨트롤러 모듈 사진

메인컨트롤러 유닛 (시제품)



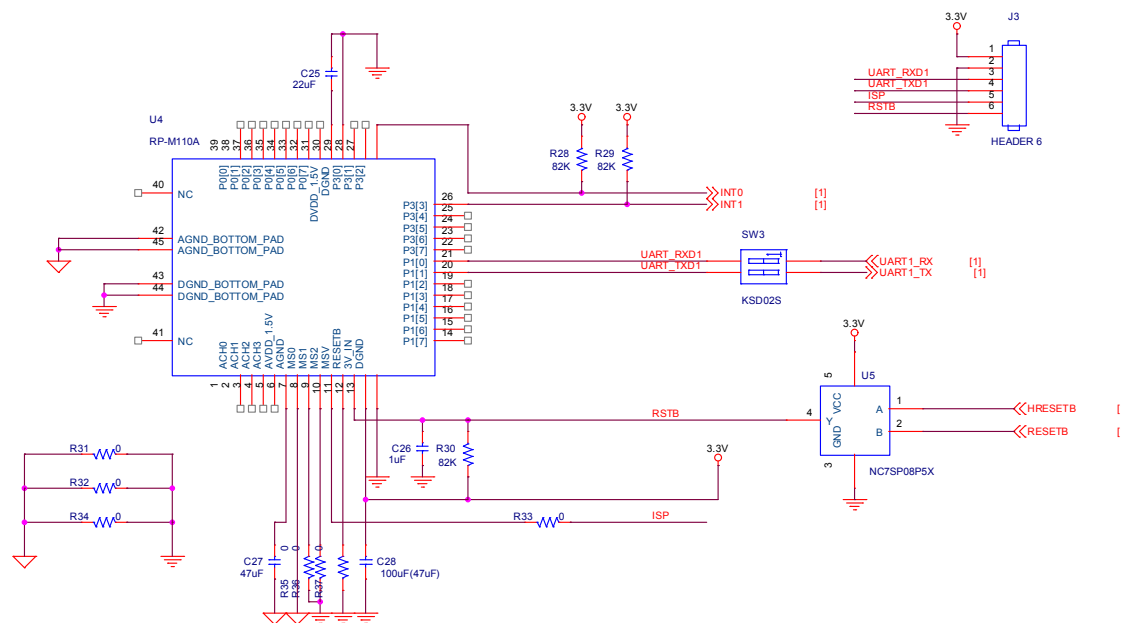
<그림 57> PCB 아트웍 사진

메인컨트롤러 유닛 (시제품)



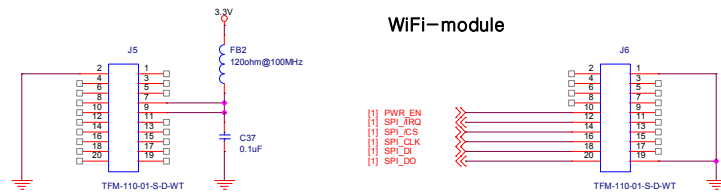
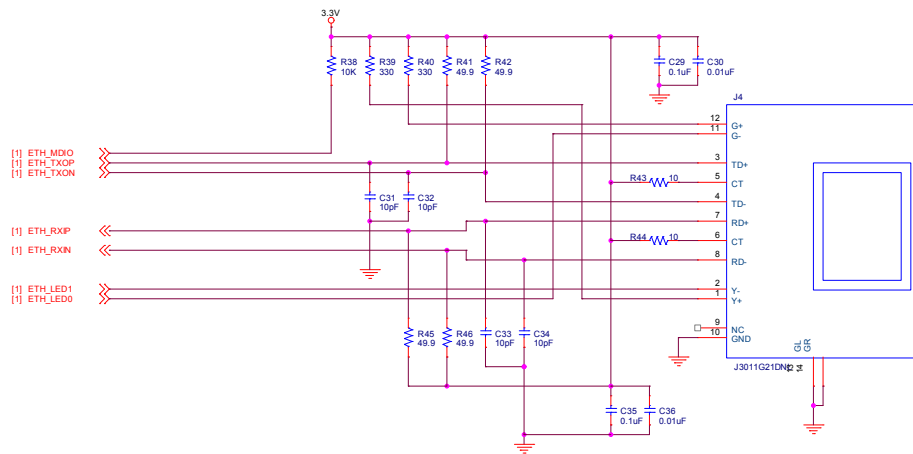
<그림 58> 회로도 1 사진

메인컨트롤러 유닛 (시제품)



<그림 59> 회로도 2 사진

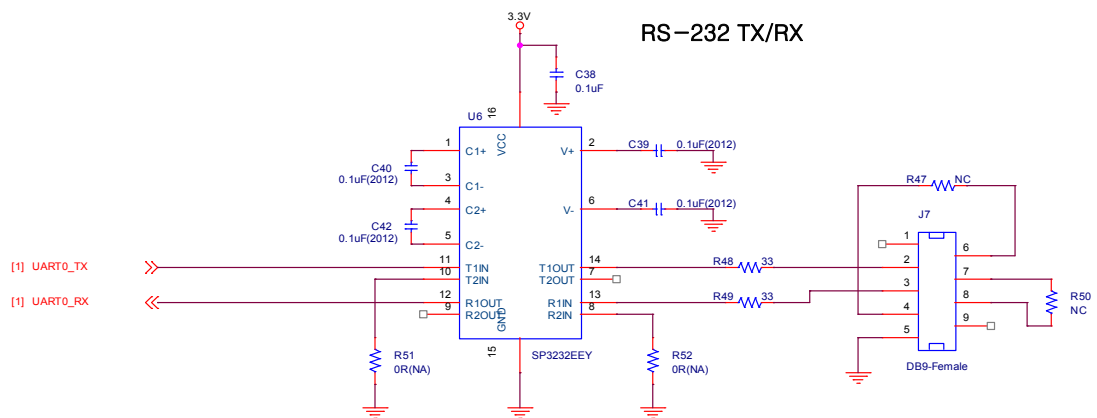
메인컨트롤러 유닛 (시제품) ETHERNET 10/100



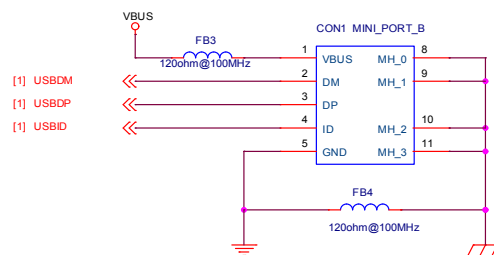
<그림 60> 회로도 3 사진

메인컨트롤러 유닛 (시제품)

RS-232 TX/RX

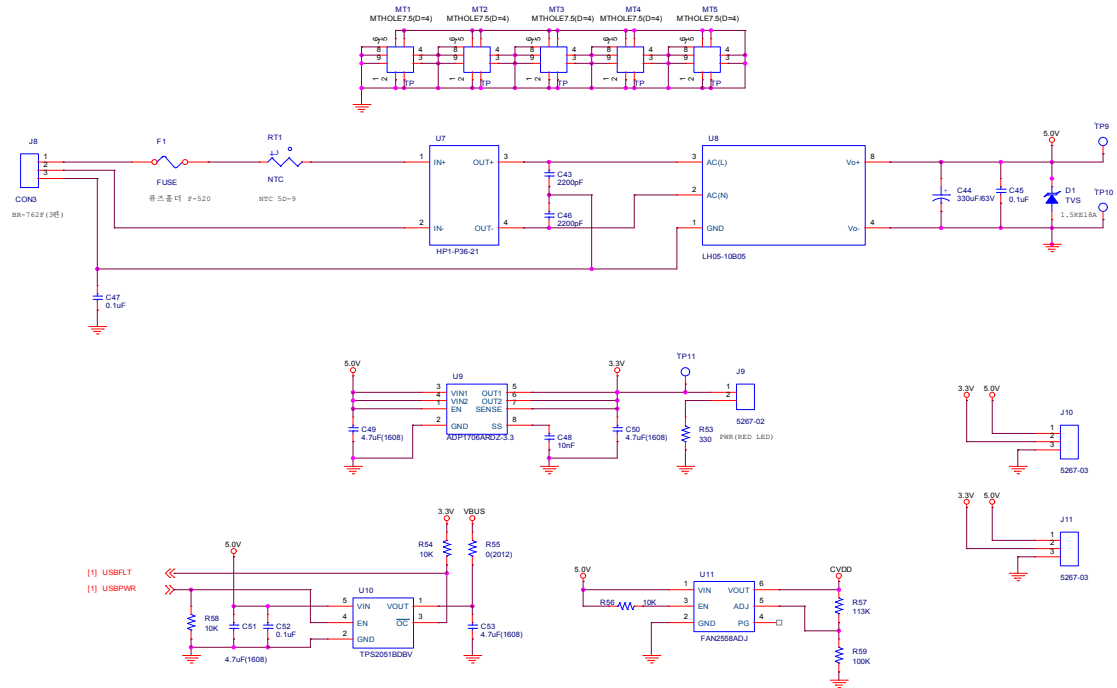


USB OTG



<그림 61> 회로도 4 사진

메인컨트롤러 유닛 (시제품)



<그림 62> 회로도 5 사진

—특징—

- . Eco-Fence 장치와의 지그비 통신
- . 상황관리시스템과의 유/무선 이더넷 통신
- . 네트워크 카메라 장착을 위한 1포트의 이더넷 채널 제공
- . 운전자 알림용 외부표시 LED 장착을 위한 1포트의 비동기 통신 채널 제공
- . 네트워크 확장을 위한 허브 기능 제공
- . 네트워크 카메라 팬틸트 기능 제어를 위한 1포트의 비동기 통신 채널 제공.

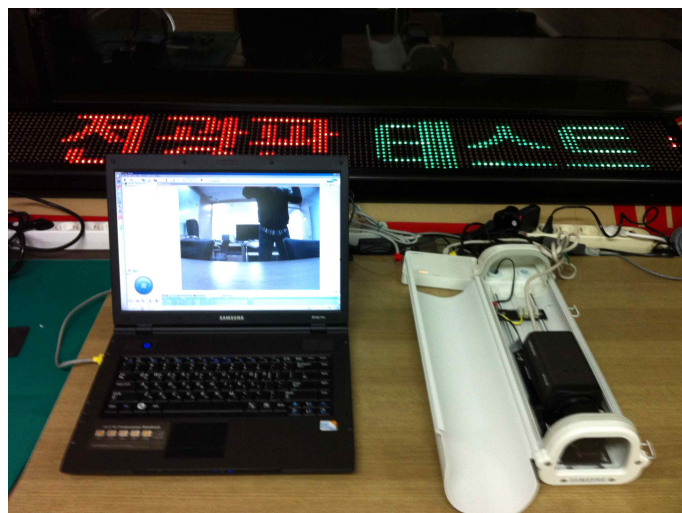
—spec—

- ARM Cortex-M3 Processor Core
 - 80-MHz operation, 100 DMIPS performance
- On-Chip Memory
 - 256KB single-cycle Flash memory up to 50 MHz
 - 96 KB single-cycle SRAM
- External Peripheral Interface
 - 8/16/32-bit dedicated parallel bus for external peripherals
 - Supports SDRAM, SRAM/Flash memory, FPGAs, CPLDs
- Advanced Serial Integration
 - 10/100 Ethernet MAC and PHY
 - Two CAN 2.0 A/B controllers

- USB 2.0 OTG/Host/Device
- Three UARTs
- Two I2C modules
- Two Synchronous Serial Interface modules (SSI)
- Integrated Interchip Sound(I2S) module
- System Integration
 - Direct Memory Access Controller (DMA)
 - Four 32-bit timers
 - Eight Capture Compare PWM pins (CCP)
 - Two Watchdog Timers
 - Up to 60 GPIOs
- Analog
 - Two 10-bit Analog-to-Digital Converters (ADC)
 - Three analog comparators
 - 16 digital comparators
- 100-pin LQFP package
- Industrial (−40℃ to 85℃) Temperature Range

이는 Eco-Fence발생기로부터의 정보 수신 및 가공, 상황실로부터의 정보취득 및 상황실에서 Eco-Fence 발생기로의 유연한 정보 전달을 기본 목적으로 하고, 운전자에게 전방 상황을 인지시켜 안전운전에 도움을 주는 운전자용 동물출현 LED 표지판 및 CCTV를 활용한 생태모니터링 System 으로의 발전 방향을 고려한 부가 목적을 달성하기 위함이다.

– 운전자용 LED 전광판 유닛



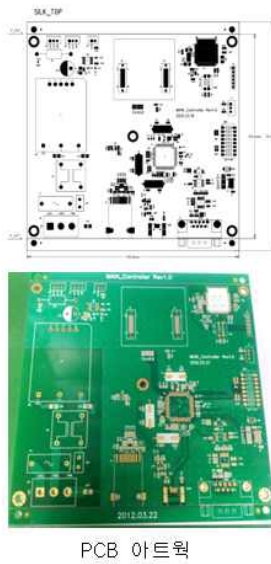
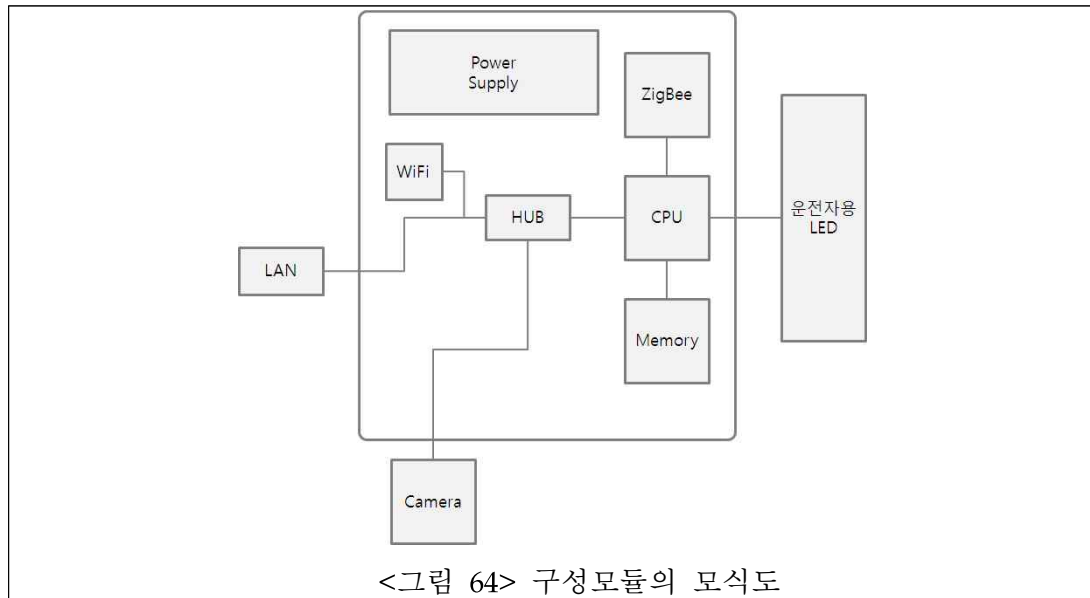
<그림 63> 운전자용 LED 알림판 및 CCTV 사진

◎ 메인컨트롤러의 스펙 및 역할

<표 19> 메인컨트롤러의 스펙 및 역할

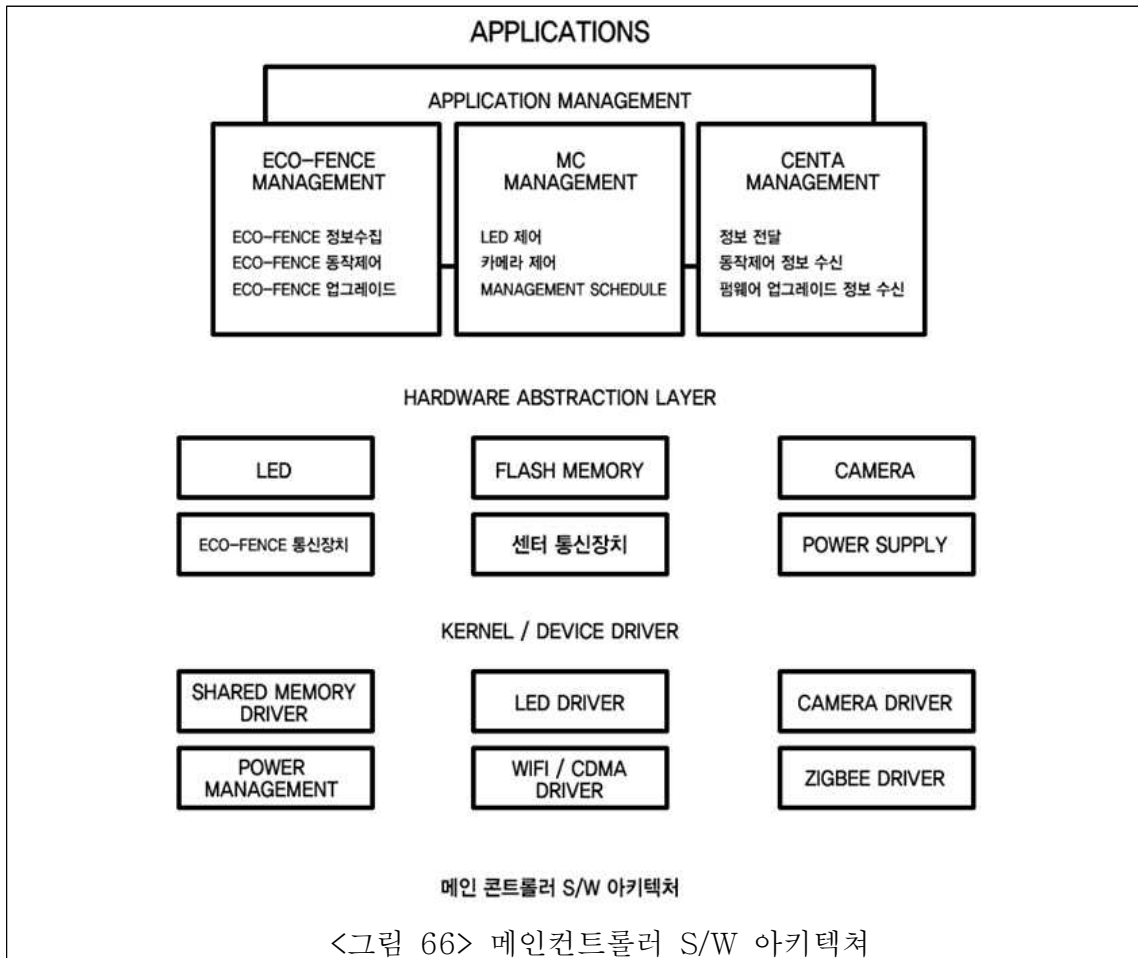
구분		스펙	역할
내부장치	Eco-Fence 통신장치	● Zigbee 파장대역 : 2,400 ~ 2,4835 Ghz 출력 : -40 ~ +5(0)dBm 수신기의 감도 : -99dBm	Eco-Fence 의 정보 수집 - 동작상태 유형 및 센서감지 정보 Eco-Fence 의 정보 전달 - 동작 제어 신호 - 펌웨어 업그레이드 신호 및 이미지 정보
	Center 통신장치	● WiFi 파장대역 : 2.4Ghz 출력 : 40mW ● 유선랜 10/100 Base-T	Eco-Fence 의 정보 전달 - 수집정보 상황실 전달 상황실의 정보 수신 - 동작 제어 신호 - 펌웨어 업그레이드 신호 및 이미지 정보
	중앙관리장치	● CPU 32bit processor 100MIPS 10/100 Base-T 지원 ● HUB 4Port 이상	Eco-Fence 의 정보 전달 - 수집정보 가공 각 장치 제어 - Eco-Fence 통신장치 제어 - Center 통신장치 제어 부가기능 - 전방 움직임 유무 판단 - 운전자 표지판 신호 제어 - CCTV 동작 제어 - 운전자용 LED 표지판 제어
외부장치	CCTV	● Network CAMERA H.264, Mpeg-4, MJPEG 지원 해상도 : 최대 4CIF급/30fps IPV4지원 Day&Night기능	영상정보 수집 및 활용연구의 기초자료 생성 - 도로상의 위험물체(낙하물, 동물 등) 존재 여부 판단을 위해 사용 - 생태적 환경(주요 출몰 동물 유형) 수집 자료로 사용 - 동물반응연구(날씨별, 계절별, 시간대별 동물별 초음파에 대한 반응 등)를 통한 음파 유형 추가에 사용
	운전자용 동물출현 위험 LED 표지판	-	전방 운전자에게 상태 알림 - 양방향 안전정보 제공(동물에게는 초음파, 운전자에게는 LED 표시)

◎ 구성모듈의 모식도



<그림 65> 메인컨트롤러 시제품 PCB 및 내부 사진

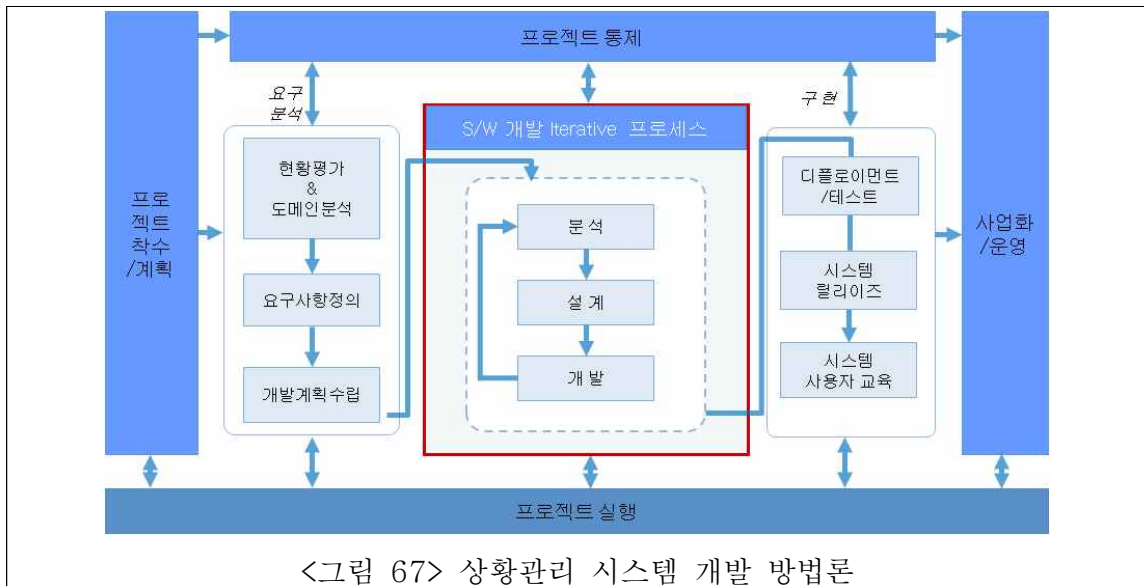
이러한 목적 달성을 위한 메인컨트롤러 S/W 아키텍처는 다음과 같다.



제 3절 상황관리시스템 시범구축

1. 시스템 설계

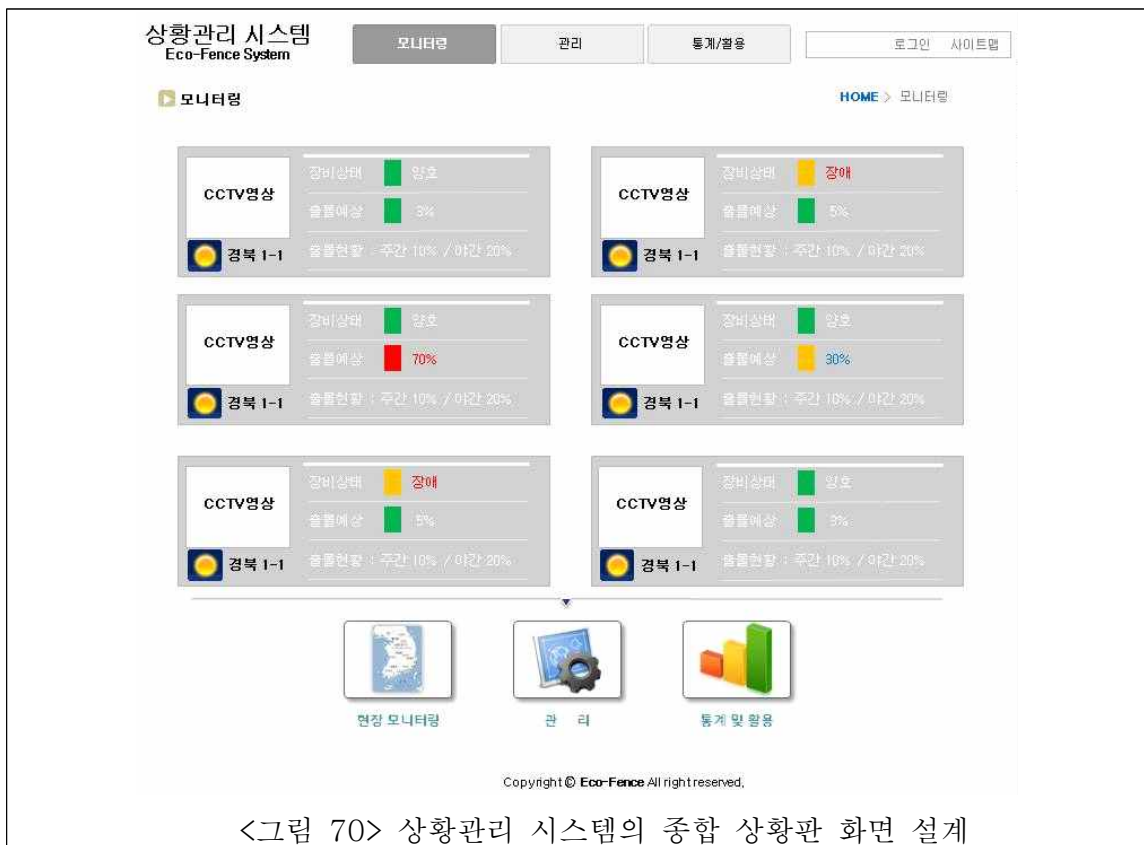
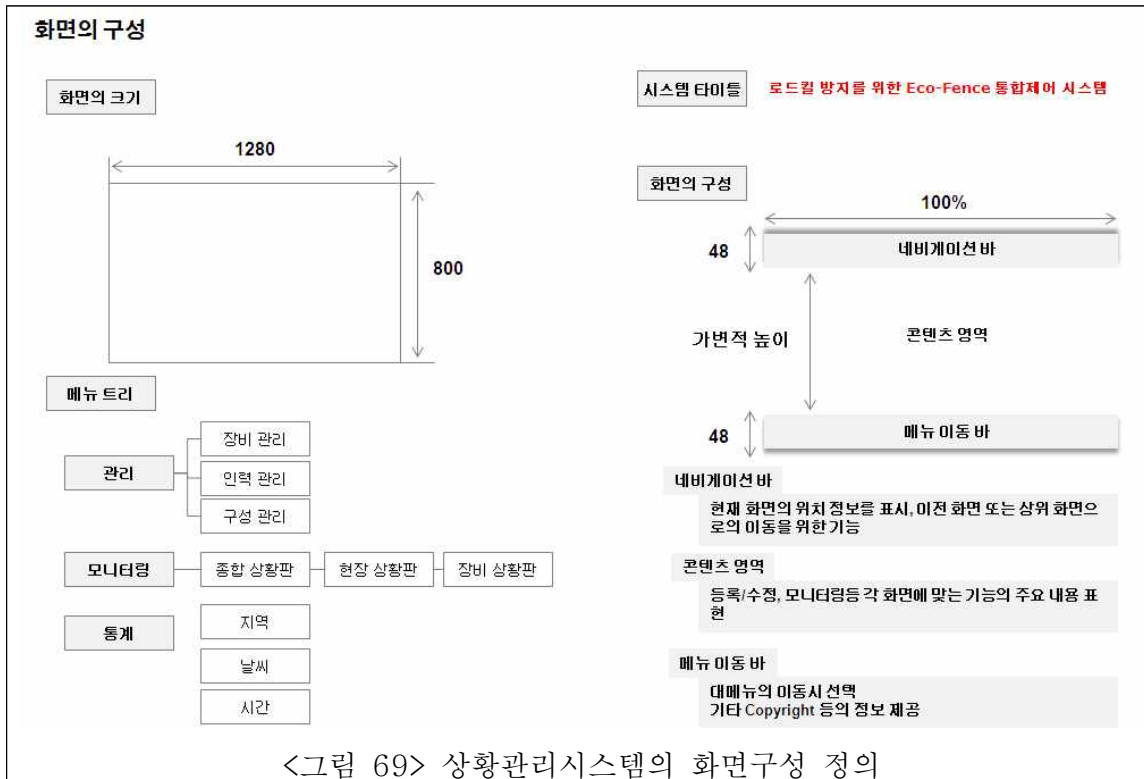
상황관리시스템의 구축을 위해 '요구 획득, 아키텍처, 점진적 개발, 종료-사업화/운영'의 4단계의 개발방법론을 적용하고 Iterative한 반복 단계(점진적 개발 단계)를 거쳐 안정적인 개발을 진행하였다.

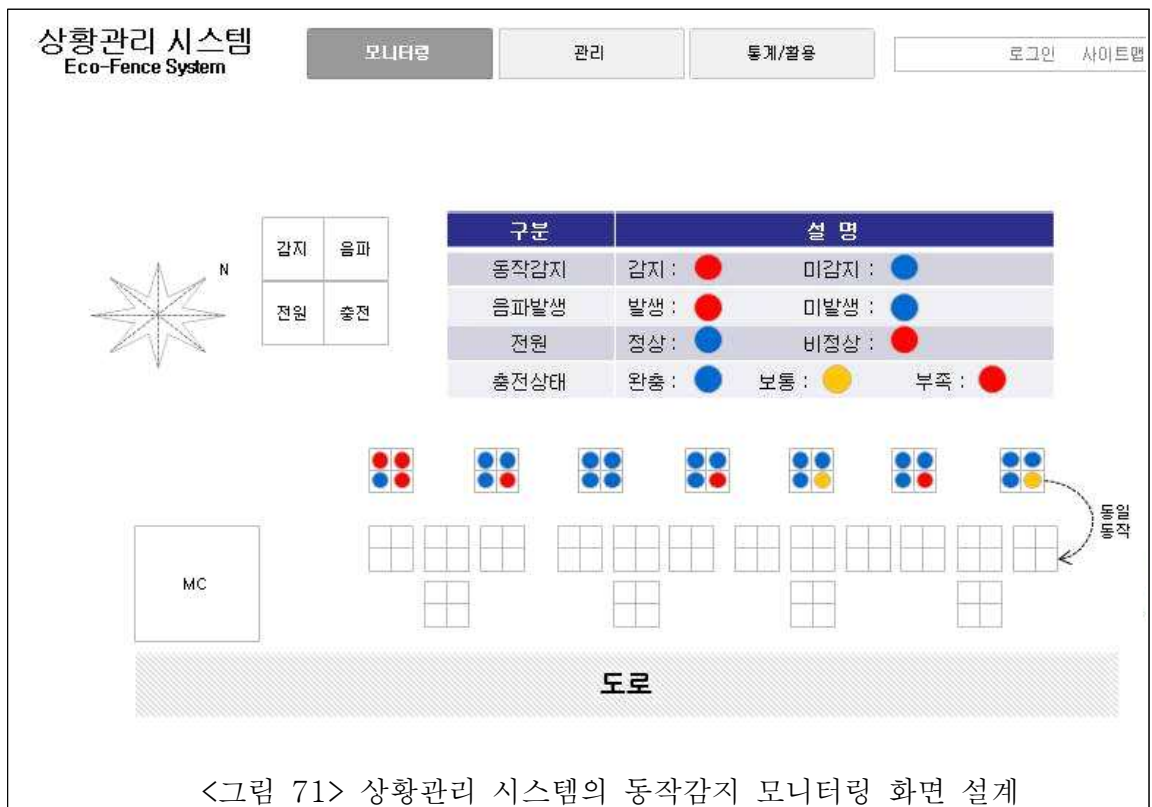


상황관리시스템은 스마트 기술(Intelligence, Mobility 등)을 활용하여 현장장비(Eco-Fence 등)의 원격 감시 및 제어(동작 상태 모니터링, 음향 등의 신규패턴 적용 등), 현장 상황정보의 수집/분류/분석/통계를 제공하는 시스템이다.

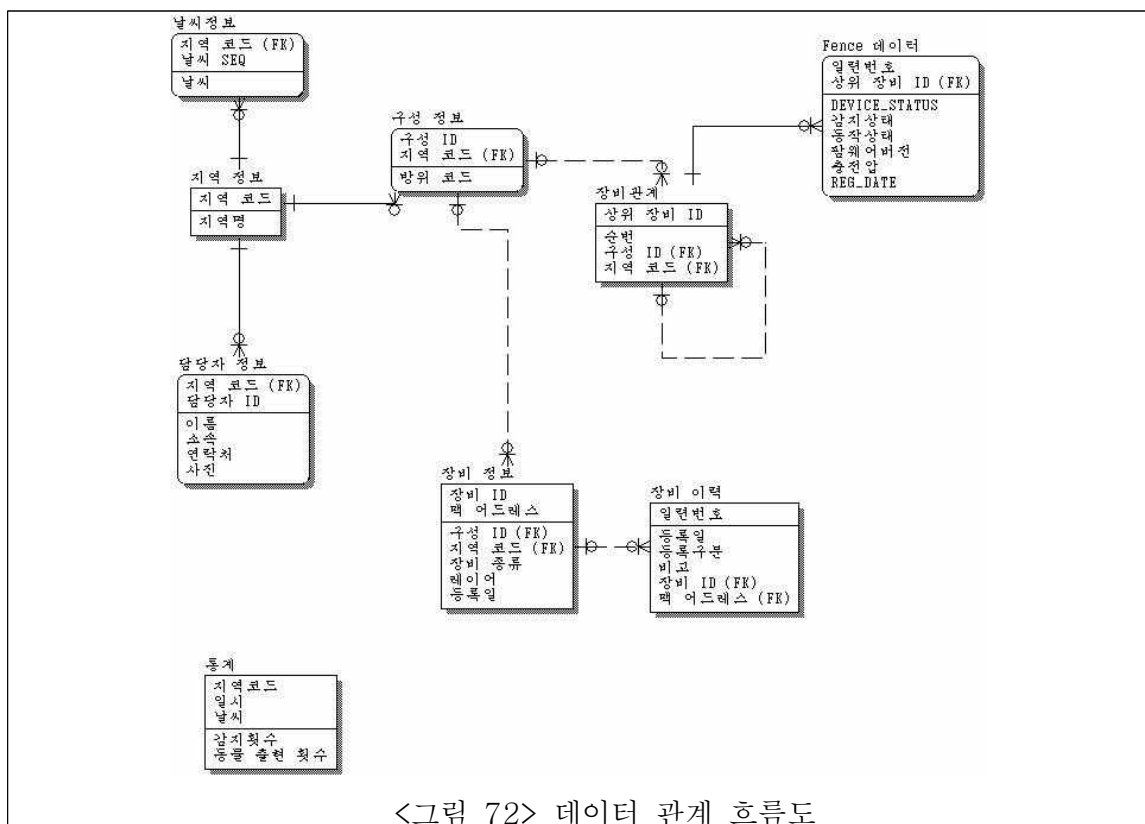


- 상황관리시스템 화면설계





- 데이터 관계 흐름도(ERD : Entity Relationship Diagram)



2. 시스템 개발

◎ 에코펜스 관리기능

- Eco-Fence의 지능형 상황 관리 시스템은 정보 수집, 분류, 가공, 전파의 기능을 가지며 이를 위한 기초 자료를 관리하기 위한 기능

<표 20> 에코펜스 관리기능 정의

기능	상세 기능정의
설치 거점 관리	에코펜스 설치 위치에 해당하는 고유 ID를 부여하고 구성된 세부 장비 구성 요소를 등록
인력 관리	현장 담당자 및 상황 관리에 필요한 인력 자원 등록 및 배치
장비 관리	장비의 동작 상태 제어 및 장비의 펌웨어 버전을 관리하여 펌웨어의 업그레이드 시점을 정함

◎ 상황 모니터링 기능

- 에코펜스 관리'를 통해 정의된 설치 거점을 기준으로 설치 거점의 집합을 설치 지역으로 통합하고 이에 대하여 현장 장비로부터 수집된 정보를 분류하여 동작 상태, 전방 감지 상태를 표출하며 상황 모니터링에 필요한 통계 자료를 통합하여 통합 상황판 제공

<표 21> 상황 모니터링 기능 정의

기능	상세 기능정의
상황판	설치 지역의 종합 정보를 표현하는 종합상황판과 설치 지역의 상세 정보를 표현하는 상세상황판으로 구성
종합상황판	▪ 현장 수집 정보 분류를 통한 시그널 사인 ▪ 지능형 사전 예보 정보 ▪ 현재까지 수집 분류된 통계 정보
상세상황판	▪ 종합상황판에서 선택된 설치 지역의 하위 설치 거점의 목록 제공 ▪ 목록 선택시 해당 설치 거점의 상세 정보를 장비의 동작 여부, 장비의 전방 움직임 포착 여부에 대하여 시그널 사인 제공 ▪ 해당 설치 거점의 상세 장비 구성 요소 제공 ▪ 해당 설치 거점의 담당자 연락처 및 현재 위치 제공, 담당자 소유의 태블릿 PC, 스마트폰 등으로 업무 연락 가능 ▪ 해당 설치 거점에서 수집된 영상 정보 제공 ▪ 해당 설치 거점의 특이사항 - 주요 출현 동물, 시간대 - 제공
시그널 사인	장비의 동작 및 전방 동작 감지 여부에 대한 상태 정보를 직관적으로 표현할 수 있도록 '보통/주의/경고'로 구분하여 표시

- 에코펜스 동작감지 (화면예시)



<그림 75> Eco-Fence 동작감지 예시 화면

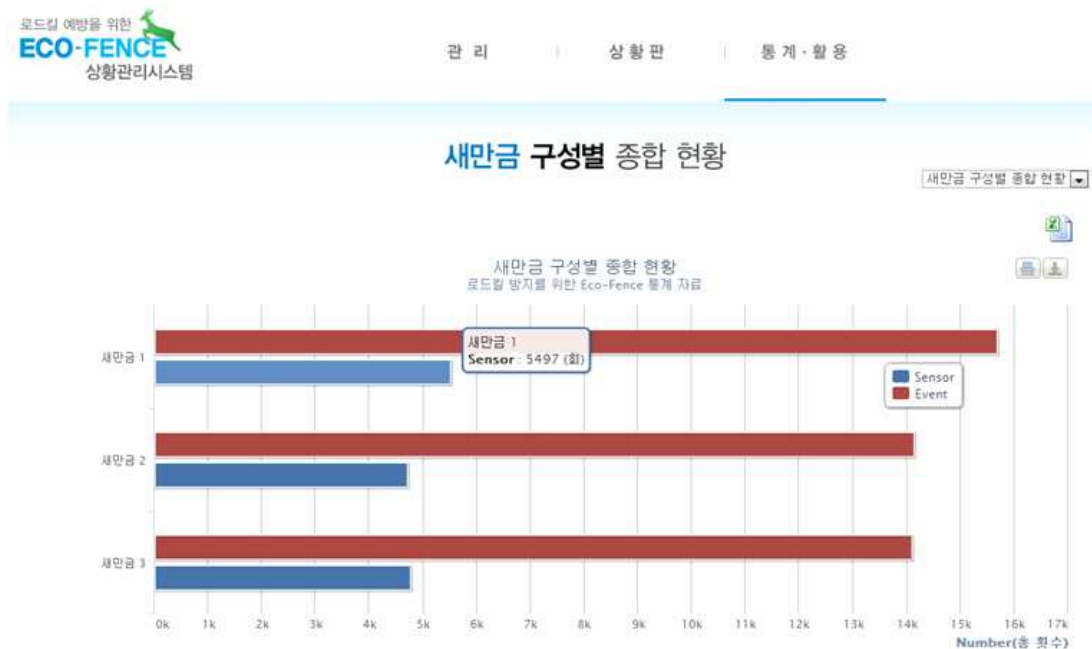
◎ 통계/활용

- 현장 정보를 수집 분류하여 생태계 연구에 필요한 통계/활용 정보를 생성, 각 유관 연구기관에 제공

<표 22> 통계/활용 기능 정의

기능	상세 기능정의
지역별	- 야생 동물의 이동 특성을 지역별로 분류 - 지역별 야생동물의 생태계 특징과 지역에 대한 각 조건별(날씨, 시간, 계절 등)에 따른 생태계의 이동 특성 분류 - 생태 네트워크 구성 연구자료로서 활용 가능
계절별	- 야생 동물의 이동 특성을 계절별로 분류 - 계절별 야생 동물의 번식, 이동 특성에 대하여 야생 동물의 생태계 특징과 계절에 대한 각 조건별(날씨, 시간, 지역 등)에 따른 생태계의 이동 특성 분류 - 생태 네트워크 구성 연구자료로서 활용 가능

- 에코펜스 동작상황 이력관리 : 센서 동작/이벤트 발생 이력 그래프(화면예시)



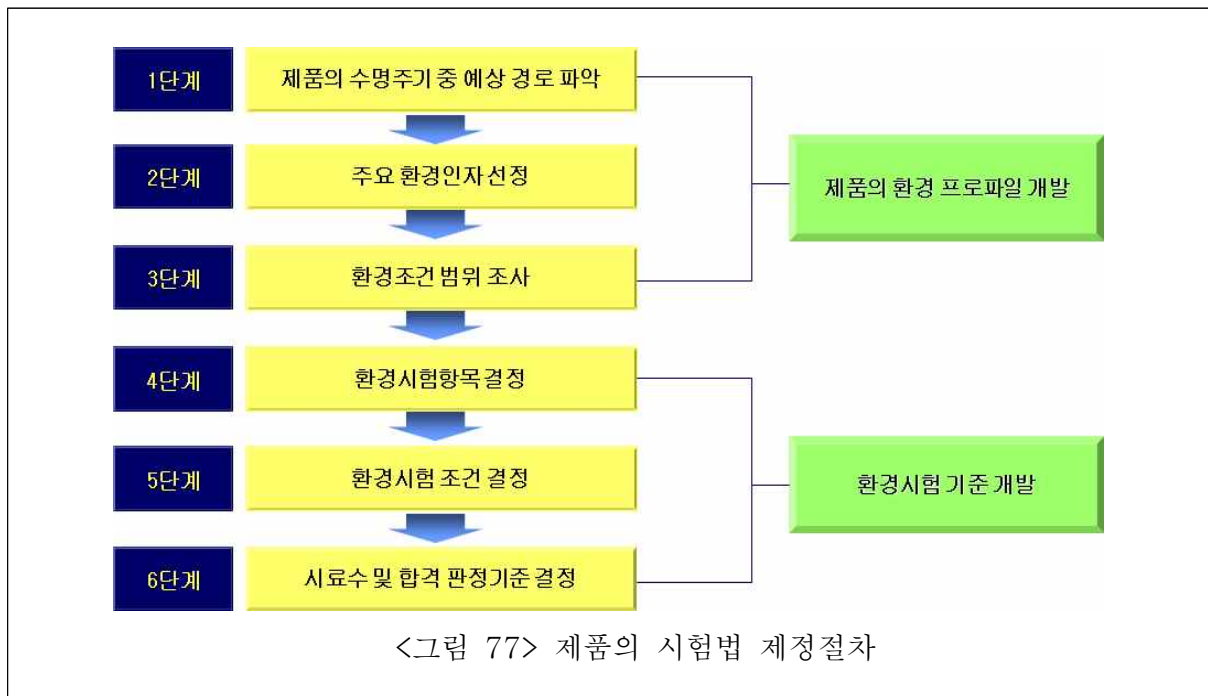
<그림 76> 구성별 통계/활용 예시 화면

제 4절 환경내구성 시험 및 현장시험 평가

1. 수행절차 및 절차별 내용

일반적으로 제품을 개발하는 과정에서 고장이 만들어지는 단계와 이를 제거해야만 하는 단계로 구분된다. 국내 대부분의 기업들이 기술력과 아이디어를 발휘하여 설계/시작품까지는 잘 완성하지만, 이 과정까지 제품내부에 포함되어(시장에서 발생될) 있는 고장을 시험/평가해냄으로써 추가적인 품질비용을 제거할 수 있는 기술의 확보에는 다소 미진한 것이 현실이다. 이 과정에서 필요한 것이 환경내구성시험이며, 제품의 환경적합성을 미리 평가하고 소비자들의 사용스트레스에서의 적합성을 평가하기 위한 항목들이 포함된 환경 내구 Spec.과 시험서가 필요하다.

제품의 시험법을 제정하는 일반적인 절차는 아래 <그림 75>와 같다. 시험법을 제정하기 위해서는 우선 수명주기 중 제품이 노출되는 사용 환경 및 예상 스트레스들을 조사한 후, 그림에 언급된 단계별 사항을 수행한다. 또한 이때 주의할 것은 시험법을 적절히 경제적으로 수행할 수 있는 전용 보조시험 기구를 디자인하고 수행하는 것이다. 제정된 시험법을 따라서 주요 핵심부품 3종에 대한 환경 내구성 시험을 수행하고 시장의 여건을 고려해 내구성 지표를 도출할 것이다.



환경내구스펙 결정에 있어 가장 어려운 것은 비용대비 효과의 임계치를 결정하는 평가기준을 정하는 것이다. 내구성이 좋으면 경제성이 떨어지며, 경제성을 좋아지면 내구성이 떨어질 수 있으므로 적절한 목표를 정하여 비용대비 효과를 높여 제

품 신뢰성을 향상시켜야 한다. 또한 신뢰성 관리를 위해서는 제품 제작, 생산에 관련된 많은 합법적인 우려사항, 각 문제별 주요관점의 차이, 도구·필요성·비용·위험요인에 대한 조정 및 사업화 전략수립을 위한 장기적인 관점을 종합하여야 할 것이다.

비용대비 효과를 높이기 위한 정책 수립에 있어 고려해야 할 사항은 선호하는 성능사항, 상업표준 및 군사규격(필요면제)에 대하여 우선순위를 결정하고, 군사규격과 상업표준간의 차이를 좁힐수 있는 범위 내에서 장기적 사업화 관점의 전문/산업 기관에서의 유지보수의 용이성을 고려해야 한다.

이를 위하여 본 기술사업화 과정에서는 기존 도로상에 설치한 설치제품의 스펙의 기준을 검토하고 이에 대하여 미국방규격 MIL-STD-810F와 KS 산업규격을 차등 적용하여 환경내구성을 높이고 경제적인 제품 개발을 위하여 다음과 같은 시험절차를 준용, 실시하고자 한다.

<표 23> 시험 항목 및 기준

유형	시험항목	산업규격	MIL-STD-810F	Eco-Fence
환경성	고온	KS C 0221	501.4	KS C 0221
	저온	KS C 0220	502.4	KS C 0220
	강우	KS C 0284	506.4	KS C 0284
	습도	KS C 0283	507.4	KS C 0283
내구성	진동	KS C 0240	514.5	KS C 0240
	충격	KS C 0241	516.5	KS C 0241

◎ 수행절차

□ 기준 자료수집

- KS IEC-60068-X-XX 환경시험법
- 전기제품 외함 보호규격 (KS-C-IEC-60529:2006)
- 신뢰성 시험기준 RS-R-0018, RS-C-0017
- MIL-STD-810F
- KS규격

□ Eco-Fence 사용환경 자료조사

- 신뢰성있는 제품 구현을 위한 목적으로 기상청의 한국기후변화백서

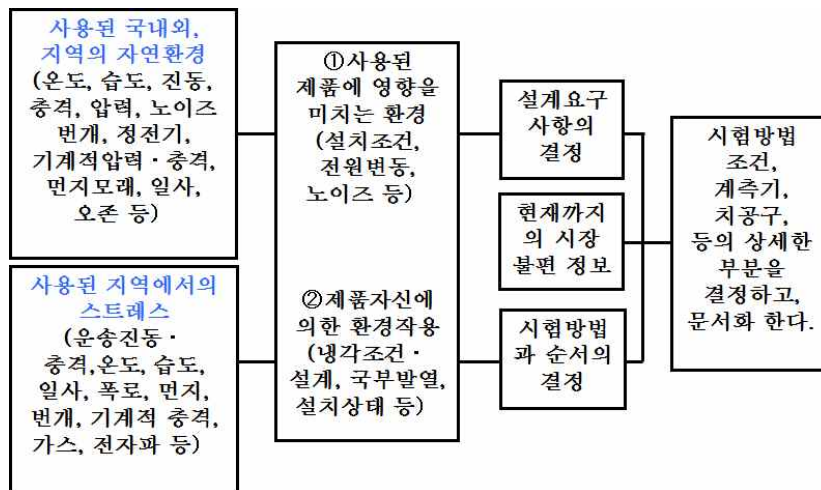
(2011.12)를 기초로 메인컨트롤러와 Eco-Fence 발생기의 설치, 운용
될 환경을 간접적으로 조사

- 환경시험은 기상청의 기후변화백서로 기초로 작성된 실환경조사서 및 전자부품연구원의 민간규격통일화사업중 국내 여건에 맞는 환경시험표준 연구 자료를 토대로 지나치게 엄격한 시험규격보다 보편적인 국내 환경에 맞는 시험소를 기초로 시험할 수 있도록 설정
- 향후 구체적인 시험장소 선정시 특정한 기후변화 도출시 환경조건 변경 고려

□ 기준 및 자료분석을 통한 내구품질관련인자 도출

- 안전관련 특성 및 시험인자
- 수명관련 특성 및 시험인자

□ 시험항목 및 시험프로파일 도출



<그림 78> 시험항목 및 프로파일 도출절차

□ 내구특성 검토를 위한 환경시험지그 제작

- Eco-Fence 발생기 구조물
- 환경부하 노출시 입력전원 및 부하 부가 구조물
- 정보 수집용 인터페이스 구비

□ 컨트롤모듈 특성 검토를 위한 환경시험지그 제작

- 기밀성시험 간이 수분무 시험기
- 온습도 특성시험용 전원인가 및 정보수집용 인터페이스 구비

□ 핵심모듈의 내환경성 시험실시

- 환경 적합성 시험
 - .열충격, 진동, 고온고습 시험실시
 - .기밀성 시험
 - .고온 고습 방치 특성 시험
 - .내한 온도 특성 시험
 - .내열 온도 특성 시험
 - .온도 Cycle 특성 시험
 - .내구성 시험

□ 시험결과 분석

□ 제품의 판매가와 시장요구를 고려한 내구지표 설정

- 판매가 대비 Eco-Fence 현장발생기 및 제어모듈 : 사용시간
 예) 레이더 센서 : 1,000시간, 초음파 발생기 : 1,500시간,
 제어모듈 : 2년 이상

□ 환경시험평가결과를 반영한 제품개발

- 제품 외형 디자인 시안



<그림 79> 제품 외형 디자인 시안

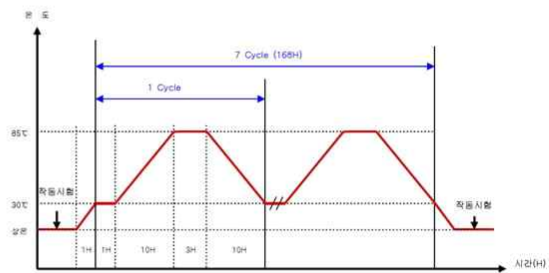
◎ 환경시험 내용

□ 고온 시험 Profile

Add WIN 고온(저장)



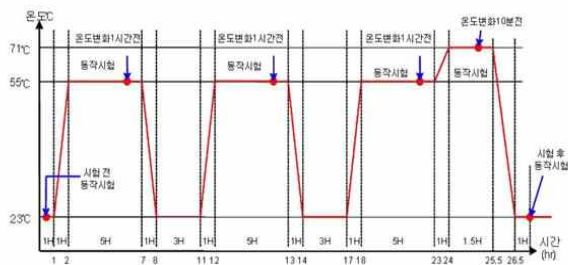
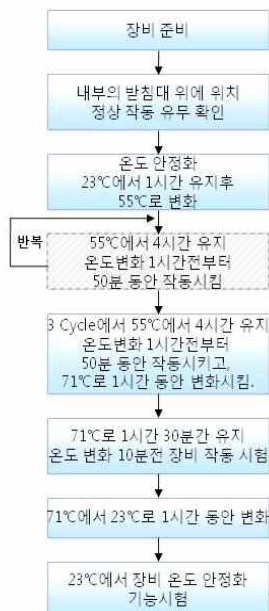
- 고온(저장) 시험 Profile
- Soaking Time : 2시간
- 고온(저장) 유지시간 : 1시간



<그림 80> 고온 시험 Profile

□ 온도(고온)의 변화에 따른 동작시험

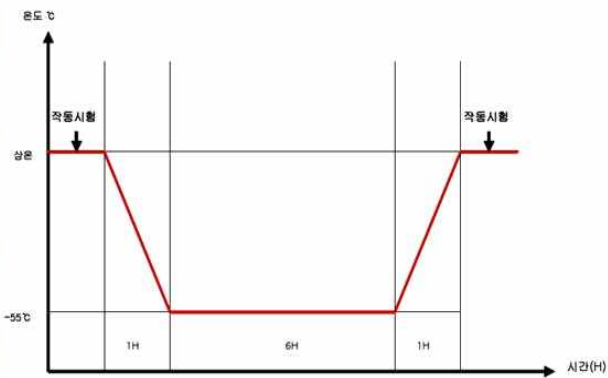
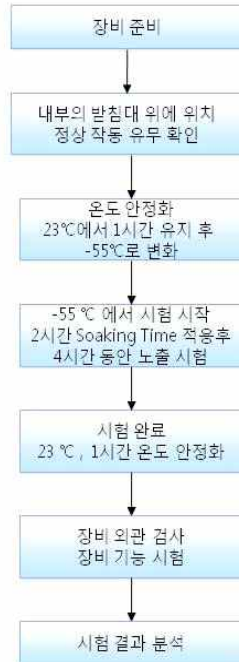
Add WIN 고온(작동)



<그림 81> 고온동작시험 Profile

□ 저온 시험 Profile

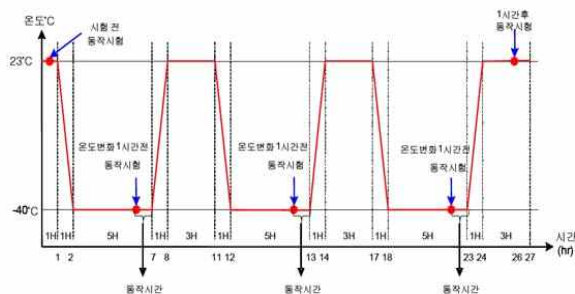
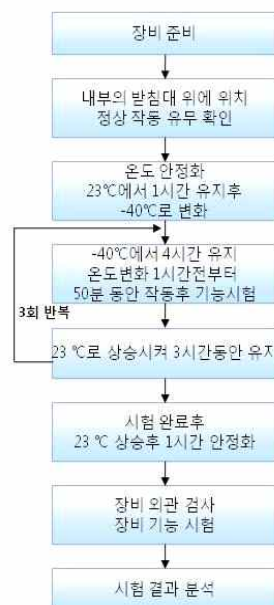
Add WIN 저온(저장)



<그림 82> 저온 시험 Profile

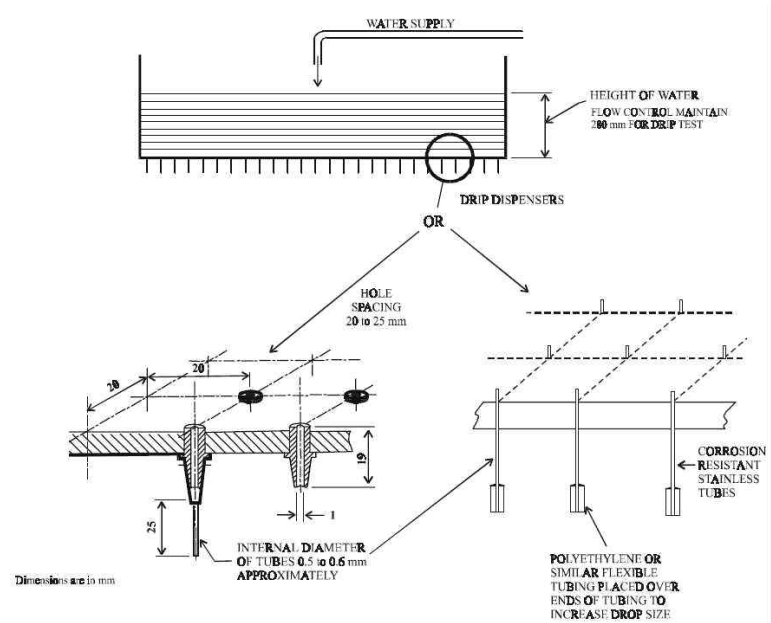
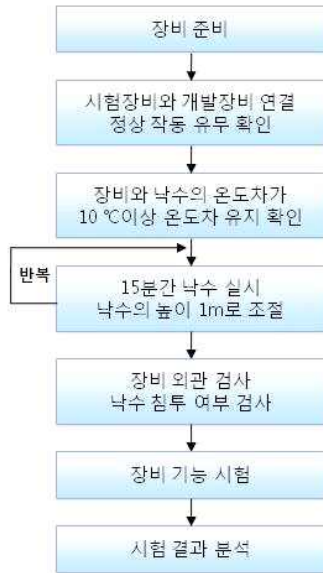
□ 온도(저온)의 변화에 따른 동작시험

Add WIN 저온(작동)



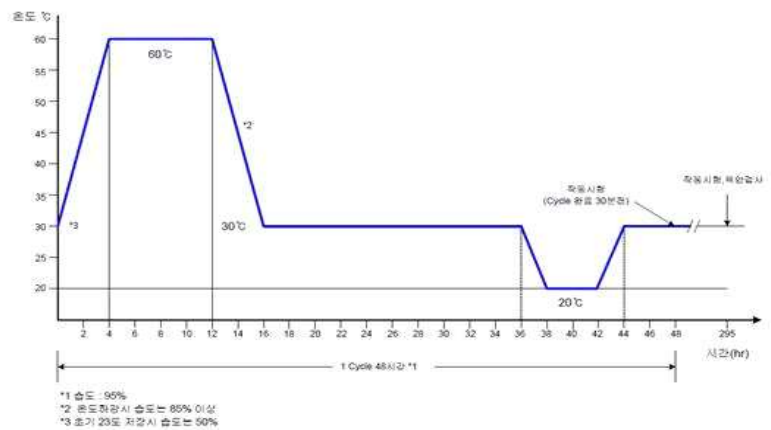
<그림 83> 저온동작시험 Profile

□ 강우 시험 환경



<그림 84> 강우 시험 Profile

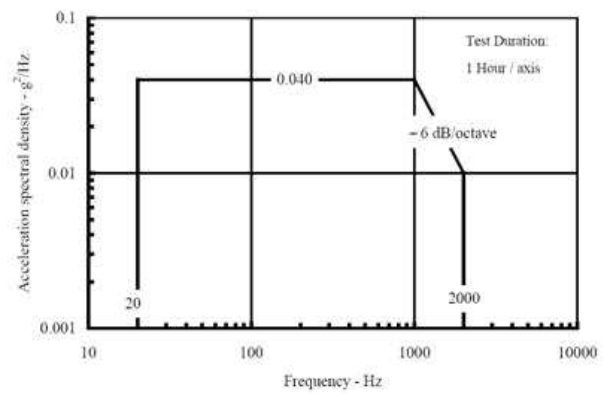
□ 습도 시험 환경



<그림 85> 습도 시험 Profile

□ 진동시험

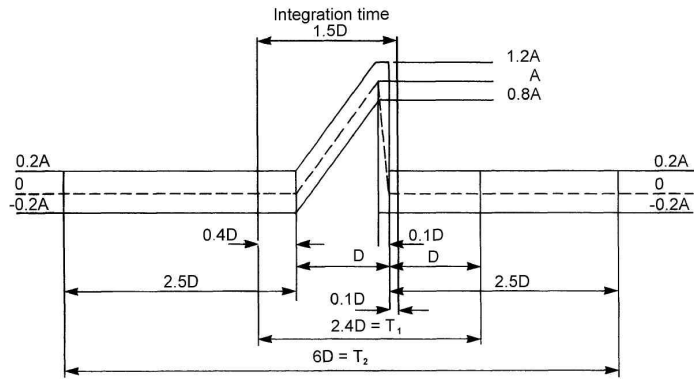
○ 진동 시험 규격 : IEC 60068-2-6



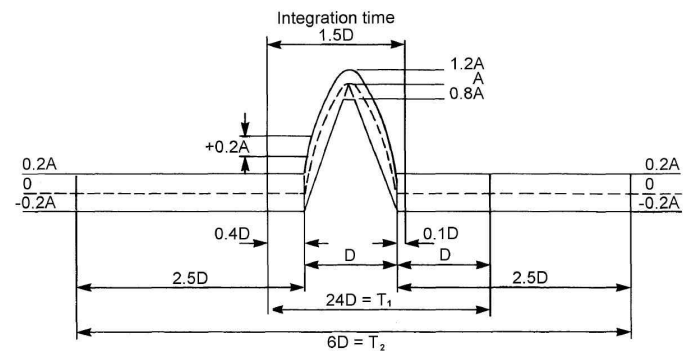
<그림 86> 진동 시험 Profile

□ 충격과 시험

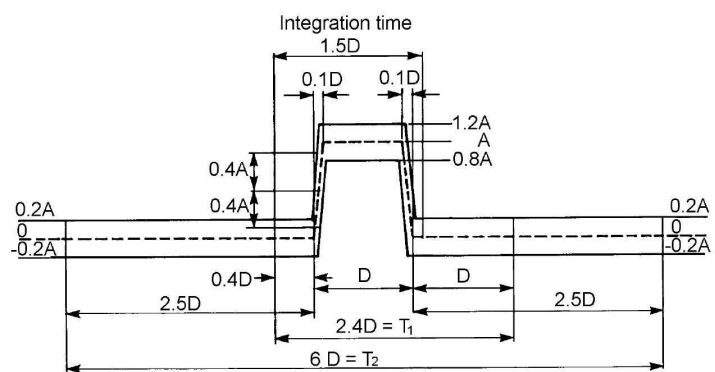
○ 충격과 시험 절차 및 유형



톱니파



반정형파



사다리꼴파

<그림 87> 충격과 시험 Profile

2. 환경내구성 시험 결과

가. Eco-Fence

- 시험결과 요약 (상세 내용 부록 참조)

<표 24> Eco-Fence 환경내구성 시험결과 요약

시험 항목	시험 결과
저온 저장 시험	이상 없음
저온 동작 시험	이상 없음
고온 저장 시험	개별 성적서 확인
고온 동작 시험	이상 없음
습도 시험	개별 성적서 확인
IPX5	물 침투 없음

나. 메인 콘트롤러

- 시험결과 요약 (상세 내용 부록 참조)

<표 25> 메인 콘트롤러 환경내구성 시험결과 요약

시험 항목	시험 결과
저온 저장 시험	이상 없음
저온 동작 시험	이상 없음
고온 저장 시험	개별 성적서 확인
고온 동작 시험	이상 없음
습도 시험	개별 성적서 확인
IPX5	물 침투 없음
진동 시험	이상 없음
충격 시험	이상 없음

3. 현장시범 설치 운영 및 결과

가. 현장시범 설치 운영

◎ 파주아쿠아랜드 인근 시범설치 운영

- 설치 가능지역 탐문
 - ▶ 파주시 아쿠아랜드 인근 지역에 고라니의 빈번한 출몰이 있다는 제보 확인하여 현지 조사
 - ▶ 상대적으로 인적이 드물어 설치가 용이한 것으로 판단
- 1차 설치장소 및 시험운영 결과
 - ▶ 파주시 아쿠아랜드 인근 고라니 출몰지
 - ▶ 2012년 9월 21일부터 12월 31일까지 24시간 CCTV 촬영 진행
 - ▶ 2012년 10월 19일 고라니 퇴치 영상 촬영 성공
 - ▶ 이후에도 에코펜스 적응여부 등을 확인하기 위해 시험 지속



<그림 88> 파주 현장설치 및 퇴치장면

◎ 새만금 산림청 식재지 시범설치 운영

- 설치 가능지역 탐문
 - ▶ 야생동물 전문가(산림과학원 박찬열 박사)의 추천으로 김제 소재 새만금 산림청 묘목 식재지에 고라니의 빈번한 출몰로 인한 묘목 피해가 많다는 제보 확인하여 현지 설치 추진

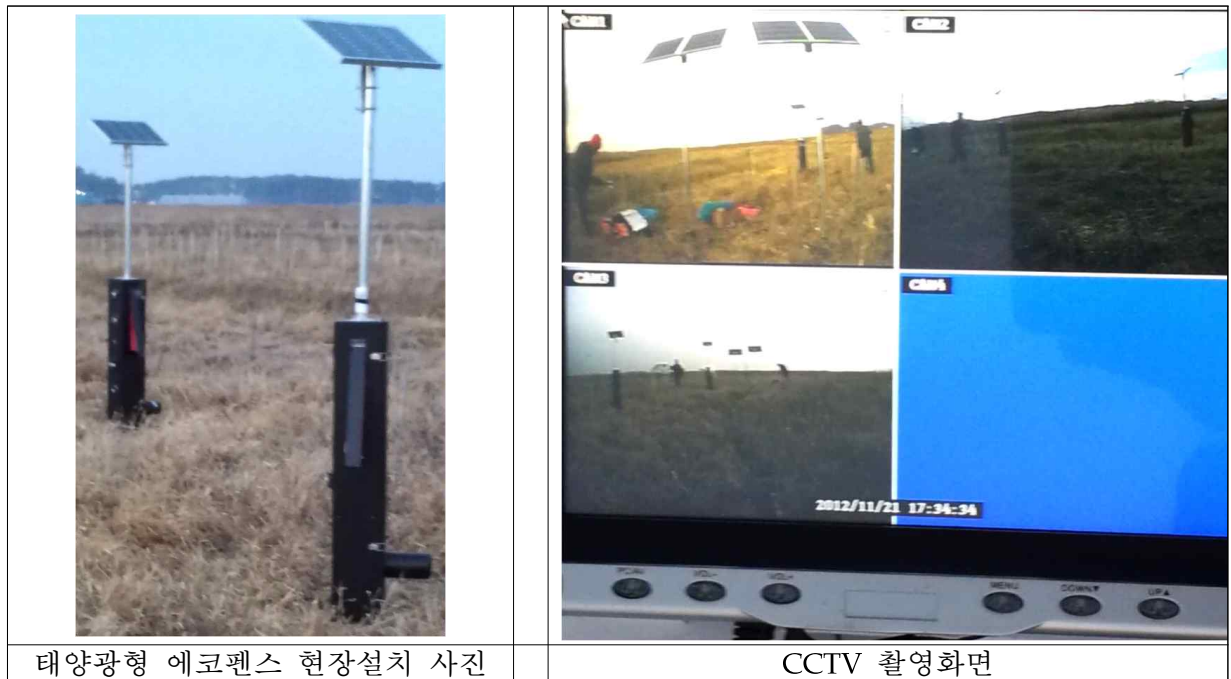


<그림 89> 새만금 설치위치

- 2차 설치장소 및 시험운영 결과
 - ▶ 새만금 산림청 묘목식재 지역 고라니 출몰지
 - ▶ 2012년 11월 21일부터 12월 31일까지 24시간 CCTV 촬영 진행
 - ▶ 2012년 11월 25일 고라니 퇴치 영상 촬영 성공
 - ▶ 이후에도 에코펜스 적응여부 등을 확인하기 위해 시험 지속
- 설치 사진



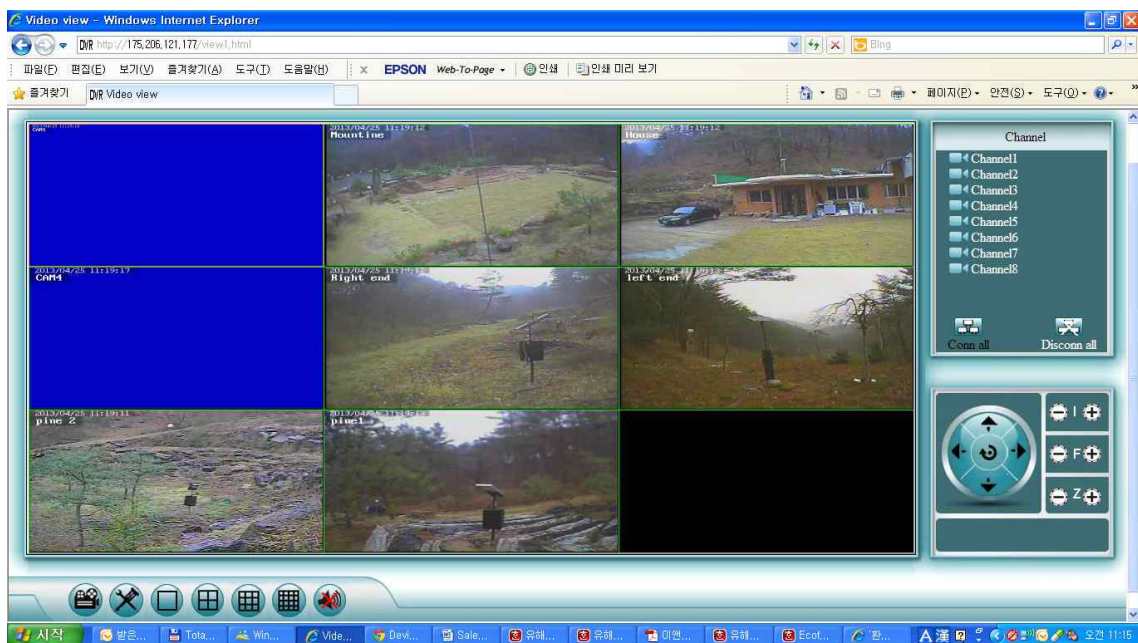
<그림 90> 새만금 설치 사진



<그림 91> 새만금 현장설치 사진 및 CCTV 촬영화면

◎ 영월 시범설치 운영

- Eco-fence와 메인 컨트롤러 및 상황관리시스템 통합시험 가능지역 탐문
 - ▶ 영월 두산리 민간 주변 고라니 및 멧돼지 출몰지 확인
 - ▶ 2013년 2월 15일부터 24시간 CCTV 촬영 진행
 - ▶ 이후에도 에코펜스 적응여부 등을 확인하기 위해 통합시험 지속



<그림 92> 영월 시범설치 CCTV 화면

제 5절 결론

본 기술은 한국의 발달된 IT 기술과 결합시켜 물리적 펜스의 문제점인 환경보전 차원에서의 서식지 단절의 문제나 펜스설치 시 고비용 발생문제 그리고 일반국도, 지방도, 군도에는 농경 등 생활여건상 사실상 펜스 설치가 불가능한 경우를 극복할 수 있다. 특히, 국립공원 등 관광지의 경관 저해 문제를 획기적으로 개선할 수 있다.

고속도로를 포함한 각종 도로와 중요시설의 울타리와 같이 긴 구간의 침입 물체를 조기경보 할 목적일 경우 환경의 영향을 최소로 받으며 오작동을 또한 최소로 작동될 수 있는 현장적용 시스템을 구축하여 로드킬 예방 및 방지에 있어서 독창적인 기술력을 확보하게 되었으며, 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 로드킬 예방을 필요로 하는 곳에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구개발기술은 기존에 활용되어온 로드킬 예방기술과 비교하여 상대적으로 저렴하면서 위험한 도로구간에 대해서는 동물의 이동을 차단할 수 있으며, 생태통로 등과 연계하여 운영할 경우에는 안전한 이동통로로 유도하는 기능을 구현할 수 있다는 특성을 가진다.

고라니와 멧돼지, 노루와 같은 대형포유동물을 대상으로 각각의 특성에 부합하는 초음파 발생기 또는 음파 발생기를 통해 상대적으로 생태계에 영향을 덜미치는 기술을 사용하여 로드킬을 예방할 수 있다. 좁은 도로의 경우에는 차량의 이동이 없는 경우에는 빠른 이동을 유도할 수 있어 펜스와 같이 물리적으로 생태계를 단절시키는 기술과 비교하여 친환경적이다.

도로 주변을 통행하는 사람들에게는 실질적인 영향을 거의 미치지 않는다는 측면에서는 민원의 소지가 발생하지 않는 사회·환경적으로 유리한 기술이다. 이 기술을 통하여 사회경제적인 손실을 저감할 수 있으며, 제품의 가격적인 측면에서도 800만원/100M 수준으로 경쟁력을 갖추고 무엇보다도 품질비용을 최소화할 수 있다.

◎ 연구개발결과 창의성

- 동물들이 선택적으로 반응할 수 있는 초음파를 이용하여 도로의 접근을 차단하는 기술은 생태적으로 안전한 기술임
 - ▶ 물리적인 펜스의 경우에는 원천적으로 이동을 차단하며 돌발상황에서 오히려 동물들에 피해를 줄 수 있으나 초음파를 이용하는 기술은 실질적인 위해가 발생하지 않음
- 유/무선 이더넷 네트워크 통신 설계로 원격제어가 가능한 기술적용
 - ▶ 메인컨트롤러에서는 언제,어디서든 이더넷 네트워크 환경에서 상황관제시스템 접속 가능
 - ▶ MC를 통해 원격으로 Eco-Fence 발생기의 제어 및 상태 모니터링 지원.
 - ▶ 사용자에게 의해 임의적으로 메인컨트롤러와 Eco-Fence 발생기의 상태에

- ▶ 대한 진단 명령을 전달 가능 및 응답 기능 개발
- ▶ 주기적 메인컨트롤러와 Eco-Fence 발생기의 상태 상황관제시스템에 보고
- 저전력 통신, Zigbee 모듈 채용
 - ▶ Eco-Fence 발생기와는 에너지 소비가 낮은 지그비 통신 지원
 - ▶ 에너지 효율 우수
 - ▶ 1:다수의 채널이 동시에 연동
 - ▶ 도달거리가 100m 내외의 고성능 지그비 모듈을 사용함
 - ▶ 기존 지그비의 문제점인 애드혹에 의한 지연시간을 최소화 가능
- 메인컨트롤러의 신뢰성 확보를 위한 백업체계 구축
 - ▶ 메인컨트롤러 내부에 128K 바이트의 메모리를 탑재
 - ▶ 유/무선 네트워크 연결이 어렵거나 네트워크가 고장일 경우에 메인컨트롤러와 Eco-Fence 발생기의 상태를 로그파일로 저장 가능
- 상황관제시스템을 통한 지휘, 통제 및 모니터링 가능
 - ▶ 해당되는 노드의 상태를 감시하고, 오류 발생시 해당 모듈에 대해 오류 진단 명령 전달 가능
 - ▶ 유지보수 효율성 향상.
- 환경성 및 내구성에 대한 신뢰성 시험
 - ▶ MIL-STD-810F와 KS 규격의 환경시험 조건을 기초로 환경성 및 내구성 시험기준 마련
 - ▶ 기상청의 한국기후변화백서(2011.12)를 기초로 메인컨트롤러와 Eco-Fence 발생기의 설치, 운용될 환경을 간접적으로 조사하여 실환경 조사서 마련

◎ 향후 확장성

- 초음파 기반의 Eco-Fence 현장발생기와 각 센서의 센싱정보를 분석하여 동물과 사람을 구분하는 main controller과 이들의 정보를 CCTV와 함께 최종판단하고 상황관리를 실시하는 상황관제실을 통해 기존의 물리적인 생태통로나 펜스의 설치보다는 가격경쟁력을 가지면서 로드킬 자체를 예방함과 동시에 동물의 이동특성 등과 같은 생태정보를 모니터링 할 수 있는 복합기능을 갖춘 시스템으로 확대발전 할 수 있음.
- 스마트 ITS(Intelligent Transportation System) 시스템과 연동을 통한 활용도향상 가능

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 최종 목표 및 평가방법

1. 최종목표

본 과제의 개발목표인 로드킬 예방용 Eco-Fence는 크게 현장에 설치되는 Eco-Fence 발생기와 main controller 그리고 이들을 통합적으로 관리하는 상황관리시스템으로 구분할 수 있다. Eco-Fence 발생기는 다시 동작감지 센서와 초음파 발생기로 구분되며 이 중 동작감지 센서는 동물을 인식하는 수단으로 사용되므로 구분 수준이 중요한 인자라고 할 수 있다. 또한 초음파 발생기는 동물의 진입을 차단하기 위한 것으로 일정한 유효거리 내에서는 동물에게만 선택적으로 영향을 미칠 수 있도록 작동하여야 한다. 이들 발생기들은 중간 게이트웨이라고 할 수 있는 main controller와의 양방향 통신이 가능하여야 하며 원격제어가 가능하여야 한다. 마지막으로 상황관리시스템은 main controller와의 양방향 통신을 통해 각 센서의 동작상태를 확인하는 것은 물론이고 동작상태에 대한 정보와 main controller에 장착된 CCTV 영상의 확인기능을 갖추어야 한다.

◎ Eco-Fence 개발

- 적외선 센서에 의한 동물 진입 인식용 센서부와 동물의 진입을 차단하기 위한 비정형 초음파 발생 및 LED 섬광, 동물 위협용 동작기를 포함하는 일체형 제품개발
- 소규모 태양광 패널에 의한 전원공급 장치 개발

◎ Main Controller 개발

- Eco-Fence의 동작상황을 상황관리시스템에 전달하고 Eco-fence에 동작을 지시하는 게이트웨이 기능 개발

◎ 상황관리시스템 시범구축

- Eco-Fence의 동작상황을 인터넷을 통해 서비스하는 기능 개발
- 현장설치 장비의 통합적 관리 담당

◎ 환경내구스펙 결정 및 시험평가

- Eco-Fence 사용환경 자료조사를 통한 내구품질관련인자 도출
- 시험항목 및 시험프로파일 도출
- 핵심모듈의 내환경성 시험실시 및 분석

2. 개발기술의 평가방법 및 평가항목

<표 26> 평가항목 및 평가방법

성과목표	성과지표	측정방법	최종목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
1. 요소모 듈개발	1-1 일체형 레이더 센서 감지거리	거리별 센서감지 동작상태 확인	최대 6m	0.03	초음파 발생기의 영향거리와 동일
	1-2 독립형 레이더 센서 감지거리	거리별 센서감지 동작상태 확인	최대 3m	0.03	센서 네트워크를 통한 동물 인식 거리
	1-3 초음파 발생기의 영향면적	거리별 동물반응 거리확인	100평	0.04	도로 양안 진입차단 면적 설정
	1-4 동물 인식을	Pilot 실험	95% 이상	0.1	외부 환경 변화에 따른 오차율 감안
	1-5 Main Controller의 센서와의 통신성공률	센서 연동시험	95%이상	0.95	외부환경 변화에 따른 오차율 감안
	1-6 상황관리시스템 의 센서 위치 표시기능	시스템 시험	동작유무	0.05	정상동작 필수
	1-7 상황관리시스템 의 센서 동작상태 확인기능	센서 연동시험	95% 이상	0.05	외부 환경 변화에 따른 오차율 감안
	1-8 환경내구 Spec.	수립여부	3건 이상	0.01	
	1-9 시험절차서	제작여부	도면 3건	0.04	
	1-10 시험결과서	수행여부	성적서 3건	0.05	
2. 현장설치 Eco-Fence	2-1 학술회의 논문 발표	학회 참가 발표(확수)	1	0.05	Eco-Fence연구분야 에 대한 새로운 대한 제시
	2-2 특허 출원 및 등록	특허 (건수)	1	0.05	당사 보유기술을 바탕으로 특허 출원
	2-3 사업화	제품화 사례제시 (건수)	1	0.1	기존 고가형 펜스대비 90% 가격
	2-4 제품가격	시장 판매가 확인	800만원/100 m	0.1	기존 고가형 펜스 대비 90% 가격
3.관련응 용 제품개발	3-1 기존 시장 확대기여도	로드킬 예방 시장 신규확대	-	0.07	보유기술이 상용화 된다면 기존 펜스시장 확대에 기여함
	3-2 미래기술 수요에 대한 대처 능력	무인경계시스템활 용 가능	-	0.03	신시장 개척에 기여

3. 핵심 키워드

<표 27> 핵심 키워드

핵심어	핵심어1	핵심어2	핵심어3	핵심어4	핵심어5
국문	로드킬	레이더센서	초음파 발생기	중앙제어기	센서네트워크
영문	Road Kill	Motion detecting sensor	Ultra-sonic generator	Main Controller	USN

제 2 절 단계 목표 및 평가방법

1. 단계 목표 및 내용

<표 28> 단계 목표 및 주요 연구내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차 년도	■ Eco-Fence용 레이다 센서 개발	■ 센서 네트워크 구성을 위한 센서 감지 거리 분석 및 결정 (2 ~ 10m 범위의 센싱거리 조정기능) ■ 초음파 발생기와 분리형 제품 구성시 센서 네트워크 구성 체계 확립 ■ 초음파 발생기와 일체형 제품 구성 ■ 소규모 태양광 패널 일체형 장치 개발 ■ 전력소모를 엄두에 둔, 수신감도 대비 적절한 출력 환경 설정(M&S Tools 활용을 통한 최적의 통신 성능 및 거리 확보)
	■ Eco-Fence용 초음파 발생기 개발	■ 동물의 반응특성을 고려한 비정형 초음파 발생기 개발 ■ 소규모 태양광 패널 일체형 장치 개발
	■ Main Controller 개발	■ 센서의 동작상태 확인 기능 ■ 관측정보의 상황관리시스템 전송 기능 ■ CCTV 촬영 및 영상정보 기능 개발 ■ 메인컨트롤러를 구성중 상황관리시스템과의 양방향 통신 제어 기능 개발 ■ 상황관리시스템으로부터 전달된 Eco-Fence의 동작 제어, Firmware Upgrade를 위한 Eco-Fence 제어기와 인터페이스 개발- 동물의 반응특성을 고려한 비정형 초음파 발생기 개발
	■ 상황관리시스템 설계	■ 로드킬 예방 및 생태정보 DB 설계 ■ 현장장비 감시 및 제어 기능 설계 ■ 통계분석 기능 및 다양한 외부 정보와 융합을 통한 정보서비스 기능 설계 ■ CCTV영상 분석을 통한 동물인식 기능(확장성) 설계
	■ 모듈별 환경내구 품질평가 설계	■ 환경내구 품질평가기준조사 및 Spec.결정 ■ 전용시험지그 및 시험 절차서 도출
2차 년도	■ 상황관리시스템 시범구축	■ 로드킬 예방 및 생태정보 DB 구축 ■ 현장장비 감시 및 제어 기능 개발 ■ 통계분석 기능 및 다양한 외부 정보와 융합을 통한 정보서비스 기능 개발 ■ CCTV영상 분석을 통한 동물인식 기능(확장성)
	■ 모듈별 환경내구 품질평가	■ 환경내구 품질평가 수행 및 결과서 작성
	■ Eco-Fence 완성품개발	■ 현장적응용 시제품 1식 개발
	■ 현장적용 및 성능평가	■ 극한환경 하에서의 장치 성능평가 항목 결정 ■ 실험실 시험 및 현장설치를 통한 성능평가

2. 평가방법 및 평가항목

<표 29> 2단계 평가 방법 및 평가 항목

성과목표	성과지표		측정방법	최종목표치	가중치(0~1)	목표치 설정 근거
2. 요소모 듈개발	1-1	상황관리시스템 의 센서 위치 표시기능	시스템 시험	동작유무	0.05	정상동작 필수
	1-2	상황관리시스템 의 센서 동작상태 확인기능	센서 연동시험	95% 이상	0.05	외부 환경 변화에 따른 오차율 감안
	1-3	시험결과서	수행여부	성적서 3건	0.05	
2. 현장설치 Eco-Fen ce	2-1	학술회의 논문 발표	학회 참가 발표(확수)	1	0.05	Eco-Fence연구분야 에 대한 새로운 대한 제시
	2-2	특허 출원 및 등록	특허(건수)	1	0.05	당사 보유기술을 바탕으로 특허 출원
	2-3	사업화	제품화 사례제시(건수)	1	0.1	기존 고가형 펜스대비 90% 가격
	2-4	제품가격	시장 판매가 확인	800만원/100 m	0.1	기존 고가형 펜스 대비 90% 가격
3.관련응 용 제품개발	3-1	기존 시장 확대기여도	로드킬 예방 시장 신규확대	-	0.07	보유기술이 상용화 된다면 기존 펜스시장 확대에 기여함
	3-2	미래기술 수요에 대한 대처 능력	무인경계시스템활 용 가능	-	0.03	신시장 개척에 기여

제 3절 연구개발 목표 달성도

1. 연구개발 목표 달성

<표 30> 단계 평가 방법 및 평가 항목

번호	세 부 연 구 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
1	Eco-Fence 설계	· 센서 네트워크 구성을 위한 센서 감지 거리 분석 및 결정(2~10m 범위의 센싱거리 조정기능) · 초음파 발생기와 분리형 제품구성시 센서 네트워크 구성 체계 확립 · 초음파 발생기와 일체형 제품 구성 · 소규모 태양광 패널 일체형 장치 개발	100
2	메인컨트롤러 설계	· 요구사항 분석 · 설계서(S/W,H/W) 작성	100
3	상황관리시스템 설계	· ECO-스토리보드	100
4	부품별 시제품 제작	· 프로토타입 구현 및 제작 · 구현 소스	100
5	실환경조사	· 실환경조사서 작성	100
6	부품별 시제품 성능평가	· 시험절차서 작성 · 시험성적서 작성	100
7	Eco-Fence 제작(MC)	· 시제품 구현 및 제작 · 회로도 및 PCB 제작/조립	100
8	상황관리시스템의 센서 위치 표시기능	· 시제품 동작상태 확인	100
9	상황관리시스템의 센서 동작상태 확인기능	· 시제품 동작상태 확인	100
10	환경내구성 시험 조건 결정	· 실환경조사서 · MIL/산업규격 검토서	100
11	환경 및 내구성 시험	· 환경 및 내구성 시험절차서 · 환경 및 내구성 시험성적서	100

제 4절 연구개발의 기대효과

현재 광역 교통망 확장 및 도로의 고규격화 등 도로건설 증가로 주요 생태축이 단절되고, 야생동물이 도로를 건너는 횡수가 증가함에 따라 로드킬 발생회수가 증가하고 있다. 로드킬 횡수가 증가함에 따라 동물 사체로 인한 2차 사고 발생도 증가하는 바, 로드킬 예방에 대한 필요성이 증대되고 있는 실정이다. 한국도로공사에서는 2001년부터 생물이동통로를 설치하였으나 그 효과가 미미하여, 2005년부터 야생동물 유도울타리를 본격적으로 설치하고 있는 등 로드킬 방지를 위한 관심과 투자가 지속적으로 증가하고 있다. 이에 본 기술사업화 사업을 통해 개발된 기술은 친환경적인 로드킬 예방기술이란 장점을 홍보함으로써 국내의 로드킬 예방 시장을 개척하는데 유리한 입지를 선점할 것으로 기대된다.

<표 31> Eco-Fence의 SWAT 분석

강점	- 물리적인 펜스가 아닌 가상적인 Eco-Fence를 통해 동물의 진입을 차단하거나 안전한 생태통로로 유도하는 기술 보유 - 동물과 사람의 구분이 가능한 센서 네트워크 기술을 이용하여 동물만 선택적으로 차단할 수 있는 기술 보유(특허 출원)	약점	- 기술개발 및 대량생산체제 구축을 위한 자금력 취약 - 동물교통사고 예방 대상 동물의 확대가 다소 곤란
기회요인	- 전 세계적인 친환경 정책 추진에 따른 친환경적인 동물교통사고 예방 기술시장 확대 예상 - 기존 국내에서 적용되고 있는 생태통로 등의 조성비가 20억 고가임에도 불구하고 동물의 이용율 50% 이하임 - 심미적인 조형물로 활용이 가능하며 생태계의 단절을 최소화 할 수 있는 친환경적인 Eco-Fence 필요성 부각 - 도로 주변의 대형 포유동물 진입 차단으로 교통사고 저감	위협요인	- 미국의 적외선 센서와 초음파 발생기를 결합한 단독 제품의 국내시장 진출시 가격경쟁 확대 가능성 - 시장 성장에 따른 막대한 자금력을 동원한 대기업의 시장 진출 가능성

1. 정성적 기대효과

동물별 반응특성에 대한 현장시험에 기초하여 Eco-Fence 시스템을 구현하고, IT 응용 기술과의 연계도 병행하여 추진함으로써 효과적인 시스템으로 발전할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 우리나라는 IT 기술이 발전되어 있어 이들 기술과 연계 활용이 가능한 Eco-Fence를 개발함으로써 기존의 물리적 펜스의 문제점인 환경보전차원의 서식지의 단절과 일반국도 등에 생활여건상 사실상 펜스의 설치가 불가능한 문제를 개선할 수 있을 것이다.

아래 표에서 볼 수 있는 바와 같이 RISK 등급이 높은 지역에 설치가 가능한 Eco-Fence를 개발함으로써 지역 주민의 불편은 초래하지 않는 것은 물론이고 관광객의 경관 감상에도 전혀 피해를 주지 않음으로써 관광수요를 창출하는 것과 더불어 Eco-Fence를 하나의 명물로 이용함으로써 관광유도 효과도 기대된다.

<표 32> 국립공원 2006~2008년 조사구간별 야생동물 로드킬 현황

사무소명	조사 대상구간	종합 (2006년-2008년)				총계	RISK등급
		양서류	파충류	포유류	조류		
가야산	국도 59호선	0	3	17	0	20	RISKⅢ
계룡산	(구)국도 1호선	0	0	43	4	47	RISKⅣ
내장산	49호선	3	4	21	4	32	RISKⅣ
내장산	공원우회도로	0	1	2	0	3	RISKⅠ
내장산	공원순환도로	1	3	2	0	6	RISKⅡ
내장산	공원진입도로	5	6	20	5	36	RISKⅣ
내장산백암	군도 16호선	53	11	8	7	79	RISKⅤ
내장산백암	군도 17호선	35	12	14	5	66	RISKⅣ
덕유산	국도 37호선	99	29	84	22	234	RISKⅤ
덕유산	적상산 진입도로	0	2	9	0	11	RISKⅡ
덕유산	지방도 49호선	2	10	20	4	36	RISKⅣ
변산반도	국도 30호선	0	0	8	0	8	RISKⅡ
변산반도	지방도736	1	5	4	1	11	RISKⅡ
설악산	국도 44호선	0	4	17	10	31	RISKⅣ
설악산	속초시도(설악동)3-12	1	0	2	0	3	RISKⅠ
설악산	지방도 56호선	0	0	1	0	1	RISKⅠ
소백산	국도 5호선	1	1	16	2	20	RISKⅢ
소백산	시도 3호선	0	0	1	0	1	RISKⅠ
소백산북부	죽령 국도5호선	6	7	14	2	29	RISKⅣ
속리산	갈목재구간	0	4	9	3	16	RISKⅢ
속리산	농어촌도로내속202호	0	3	0	0	3	RISKⅠ

속리산	밤티재구간	0	5	19	2	26	RISKⅢ
속리산	원티비재구간	6	5	8	1	20	RISKⅢ
속리산	제수리재구간	155	3	12	1	171	RISK V
오대산	국도 6호선	113	58	92	38	301	RISK V
오대산	지방도 446호선	61	17	65	10	153	RISK V
월악산	국도 59호선	79	9	7	4	99	RISK V
월악산	지방도 597호선	1,028	56	98	13	1,195	RISK V
월출산	경포대녹차밭길	0	0	1	0	1	RISK I
월출산	국도 13호선	0	0	15	0	15	RISKⅡ
월출산	국도 2호선	0	0	2	0	2	RISK I
월출산	무위사진입로	0	1	0	0	1	RISK I
월출산	지방도 819호선	0	0	1	0	1	RISK I
주왕산	914 지방도	9	1	6	2	18	RISKⅢ
주왕산	군도 1호선	2	0	1	1	4	RISKⅡ
지리산남부	국도 18호선	3	0	1	0	4	RISKⅡ
지리산남부	지방도 861호선	65	57	145	11	278	RISK V
지리산남부	지방도 865호선	3	2	1	0	6	RISKⅡ
지리산북부	지방도 737호선	2	3	25	1	31	RISKⅣ
지리산북부	지방도 861호선	1	15	41	5	62	RISKⅣ
치악산	군도 1호선	15	10	3	0	28	RISKⅢ
태안해안	안면-두여	0	0	15	2	17	RISKⅢ
총계		1,749	347	870	160	3,126	

(출처 : 국립공원연구원, 2009, 국립공원 야생동물 로드킬 예방대책 수립에 관한 연구)

추가적인 기술개발을 통해 야생동물 종별 이동특성에 대한 정보 수집이 가능하므로 국립공원 등과 같은 관광지에도 Eco-Fence 설치가 가능하고 결국 경관을 살리면서 효율적으로 야생동물을 보호할 수 있어 건강하고 튼튼한 생태환경을 유지할 수 있으므로 일석이조의 효과를 거둘 수 있다.

현재 활용되고 있는 물리적 유도펜스의 여러 가지 문제점을 극복하면서 가격경쟁력을 갖추고 야생동물에 대한 이동특성에 대한 정보 수집에도 확대적용이 가능한 Eco-Fence를 개발하여, 전체도로의 96%에 해당하는 국도, 지방도, 광역시도 등의 일반도로와 같이 유도펜스의 설치가 불가능한 지역에 설치함으로써 로드킬을 획기적으로 예방할 수 있다. 또한, 친환경적인 Eco-Fence 기술을 국내에서 독자적으로 개발하게 되면 해외의 지형 및 환경에도 우수한 성능을 발휘 할 수 있을 것으로 전망되므로 해외 시장 개척에 이바지함과 동시에 해외 도로 건설 수주 등에도 동물교통사고 방지 시설을 추가적으로 설치할 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 Eco-Fence 뿐 아니라 농작물 피해방지용 제품으로 사업화를 진행하고 더 나아가서 무인경계시스템으로 확대 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

◎ 정성적 기대효과 요약

<표 33> 정성적 기대효과

구분	기대 효과
기술적 기대효과	● 동작감시 센서 네트워크 분석기술을 이용한 사람과 동물 구분 기술 개발 및 검증 ● CCTV 영상인식기술에 의한 동물 확인 기술은 생태 모니터링 기술로 활용 가능
산업적 기대효과	● 초음파 발생기에 의한 동물인식기술은 향후 무인경계시스템으로 확대 적용 가능 ● 동물 퇴치를 통한 농작물 피해 방지 사업으로 확장 가능 ● 친환경적 Eco-Fence 기술 개발로 해외 기술 수출 및 도로 건설 수주에 기여 가능

2. 정량적 기대효과

해외의 사례에서나 국내외의 손해보험회사의 보고에 의하면 로드킬에 의한 사회경제적인 피해는 심각한 것으로 지적되고 있다(2004년부터 현재까지 도로공사를 상대로 한 로드킬 관련 소송은 29건에 달함). 환경부에서는 연간 6천여 건의 로드킬 사고로 연간 65억의 교통사고 손실 비용이 발생하는 것으로 추산하고 있다. 이에 따라 로드킬 예방용 Eco-Fence를 통해 교통사고를 예방함으로써 막대한 사회적 비용을 절감할 수 있다.

<표 34> 도로교통사고 및 로드킬 사고비용 비교

구분	비용	로드킬 사고비용
도로교통사고비용	약 11조 7,774억원	약 65억원
2009년 GDP	1,063조원	-

본 기술은 기존 수동형 펜스의 설치비에 대비하면 현저히 낮아서 공사비 절감효과를 기대할 수 있고, 설치 공사기간도 40%~69% 정도 단축효과가 있을 것으로 예상된다. 따라서, 국립공원 등과 같이 운전자나 차량 탑승객이 주변 경관을 감상하는 것이 요긴한 공간에 설치하는 경우에는 관광효과 극대화가 가능하므로 2014년까지 매출액 150억원(세계시장의 1% 점유 목표), 이익률 25%를 달성하기 위해 역량을 집중할 것이다.

◎ 비용 및 운영 측면의 효과

<표 35> 비용 및 운영 측면의 효과

구분	장점 및 효과
비용 측면	● 기존 고가의 수동형 Eco-Fence 시스템 대비 낮은 도입 비용 ● 기 설치된 생태통로 활용 가능 ● 동물교통사고에 의한 손해비용이 65억에 달하므로 이의 획기적인 감소 기대 ● 2015년 150억의 매출 예상
운영 측면	● 운영 환경의 용이함 ● 신속하고 적절한 현장 대응 가능 ● Eco-Fence로 인한 관광 유도 효과

제 5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 사업화 계획

1. 시장 전망

로드킬을 예방하기 위해 한국도로공사에서는 2001년부터 생물이동통로를 설치하였으나 로드킬은 줄지 않고 오히려 증가하였는데 그동안 국내의 생물이동통로 한계를 인식한 후 2005년부터 야생동물 유도울타리를 고속도로에 본격적으로 설치하고 있다. 연도별로 설치거리를 보면 2007년까지 255km, 2008년 417km, 2009년 245km, 2010년 108Km였고, 2011년에서 2013년까지 추가적으로 80Km의 유도울타리를 더 설치할 계획을 가지고 있었다²⁶⁾.

따라서, 기존 유도형 울타리의 평가 단가는 m당 92,700원이므로, 2007년 기준 시장규모는 약 236억원, 2008년도 시장규모는 약386억원, 2009년도 약 227억원, 2010년 약 100억으로 산정할 수 있다. 이러한 추세를 바탕으로 2014년 기준으로 Eco-Fence가 유도형 울타리 시장을 대체한다고 가정하여 산정한 시장규모는 총 266억원으로 예상하였다. 또한, 같은 방식으로 생태통로 시공시장을 보완하여 Eco-Fence를 생태통로로 유도하는데 생태통로 좌우 1Km 정도를 설치하는 것으로 가정한 시장의 규모는 16,634백만원으로 총 43,311백만원의 시장규모가 기대되는 것으로 평가하였다²⁷⁾.

<표 36> 한국도로공사 유도울타리 및 생태통로 설치계획

구분	계	2011	2012	2013
유도울타리	80km	30km	25km	25km
생태통로	19개소	10개소	7개소	2개소

(자료 : 한국도로공사 2011 국정감사 자료)

2. 사업화 방안

가. 제품홍보 방안

◎ 수요처별 비즈니스 특성에 따른 마케팅 전략 차별화

－ 사업 타당성 검토 시 인터뷰 및 시장조사를 통해 수집된 각 수요처별 비즈

26) 한국도로공사 2011 국정감사 자료

27) 한국발명진흥회, 2011, 로드킬 예방을 위한 Eco-Fence 개발 기술가치평가서.

- 니스 특성을 고려한 마케팅 전략 수립 및 추진
- 수요처의 도입 검토 시 장애 요인이 될 수 있는 제약 사항을 시스템적, 운영적 측면에서 해결할 수 있는 마케팅 전략 추진
 - 상용화 이전 시범사업 운영 및 수요처 사전조사를 통해 각 수요처의 요구사항을 조사하여 보다 세밀한 접근 전략과 마케팅 전략 수립
 - 해외 파트너를 통한 해외 서비스 판매 추진

<표 37> 수요처별 비즈니스 특성 및 마케팅 전략

수요처	비즈니스 특성	마케팅 전략
동물교통사고 예방지역	● 거점 수가 많아 일괄 도입에 대한 예산 확보 부담 ● 건교부, 행자부, 도로공사가 주담당 ● 국립공원, 생태계 보존지역 보호 정책을 통해 총체적인 홍보 필요 ● Eco-Fence 도입 환경우수	● 도입 시 교통사고 손해비용 절감 등을 통한 경제성 강조 ● 기 설치된 생태통로 활용으로 초기 도입 비용에 대한 부담 해소 ● 친환경 구현 등 브랜드 가치 향상이 가능한 부가적 효과 제시 ● 거점 지점 우선 도입 후 단계적 확대
농작물 피해업체	● 정책 홍보에 대한 의지 및 활동이 활발함 ● 환경부, 농림부, 농촌진흥청이 주담당 ● 홍보비 사용 대비 홍보 효과가 부진한 경우가 많음 ● 각 지자체의 경우 영농 및 생활환경을 전담하는 산하 기관이 많음	● 자원 절약, 녹색성장 등 정부 시책과 연계하여 도입 추진 ● 서비스 환경이 갖추어진 산하 기관에 대한 시범사업 추진을 통해 홍보 효과 향상 및 자원 절약 성과 확보 ● 검증된 성과를 바탕으로 연차별 예산을 확보하여 단계적 확대 추진

나. 응용분야 확대를 통한 판로확보 방안

기존의 생태통로 및 유도펜스에 대한 문제점과 이를 극복하기 위한 다양한 시도들이 있었지만, 기존에 주로 설치되었던 고속도로 외에 사람의 통행이 빈번한 일반도로에도 설치가 가능하면서 로드킬 예방에 적합한 기술개발은 아직 상용화 되지 않은 상태다. 하지만, 본 기술사업화 과제를 통해 도출된 동작감지센서와 초음파 발생기를 결합한 동물퇴치장치의 경우에 미국에서 개발하여 적용하고 있는 제품이 있으나 현재까지는 소규모로 집 정원에 침입한 쥐나 너구리 등을 퇴치하는데 적용되고 있으며, 적외선 센서는 동물이나 사람 모두를 감지함은 물론이고 낮에는 오동작을 일으킬 가능성이 높은 편이다. 이에 기술사업화에서는 레이더 센서와 PIR 센서를 혼합하여 이동체를 감지하고 동물이 감지되면 초음파나 동물울음소리 등의 동물퇴치기능이 동작되고 그 이력 정보는 ZigBee 센서네트워크를 통해 메인컨트롤러를 거쳐 상황관리시스템에 전송되어 동물퇴치이력을 종합적으로 관리할 수 있도록 함

으로써 관리자가 실제 로드킬에 대응하기에 용이하도록 구현한 기술은 실제 한국도로공사와 같은 관리자들에게 상당히 유용하다고 하겠다. 또한, 향후에는 CCTV영상 분석 기술과 결합하여 동작감지 정확도를 향상시키고 실제 동물의 종류를 확인토록 하게 되면 동물의 이동특성에 대한 모니터링도 병행할 수 있어 현장에서 다목적으로 활용할 수 있어 그 효용가치는 극대화 할 수 있을 것이다.

◎ 동물교통사고 예방분야에서의 판로 개척

- 일반국도에서의 야생동물의 동물교통사고 예방을 위한 시장 개척
 - ▶ 우리나라에서 고속도로의 총 연장은 3,378 km 로 전체 총 도로길이 103,019 km 중 3.3 % 불과하고 지방도의 주요간선 역할을 하는 2차선 도로 즉 일반국도, 시도, 군도, 지방도가 81,542km 로서 약 82%를 차지 (국토해양부, 2008)하고 있어 기존 시장외에 미개척된 시장이 무궁하다고 할 수 있다.
 - ▶ 발달된 IT 기술과 연계 활용이 가능한 Eco-Fence를 통해 기존의 물리적 펜스의 문제점인 환경보전차원의 서식지의 단절과 일반국도 등에 생활여건상 사실상 펜스의 설치가 불가능한 문제와 펜스 설치 시 경관 저해 등의 문제점을 개선할 수 있다는 장점을 중심으로 홍보함으로써 상품경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대된다.
 - ▶ 또한, 카메라 영상분석 기술과의 결합을 통해 야생동물에 대한 이동특성에 대한 정보 수집에도 확대적용 할 수 있으며, 국립공원 등과 같이 운전자나 차량 탑승객이 주변 경관을 감상하는 것도 중요한 지역의 경우에는 주변경관과 조화를 갖춘 제품으로 설치함으로써 관광효과도 높일 수 있을 것이다.

◎ 농작물 피해 예방분야에서의 판로 개척

- 단순히 동물의 이동을 차단하거나 유도하는 기능만 가진 기존 기술에 비해 CCTV와 결합시킴으로써 동물의 이동이 감지된 Eco-Fence 주변을 촬영하여 저장하고 이를 상황관리시스템에 전송하여 DB화함으로써 동물의 이동특성에 대한 모니터링에 확대적용할 수 있다.
- 뿐만 아니라 고가의 농작물의 경우에는 사람의 침입에 대한 영상도 기록하고 감시함과 동시에 농장주에게 동작을 감지한 사실을 통보함으로써 농작물 도난 피해도 사전에 예방할 수 있는 장점도 있으므로 이를 부각시켜 농작물 피해예방 시장으로의 판로개척도 가능할 것이다.

◎ 무인경계 분야에서의 판로 개척

- 궁극적으로는 동물만을 대상으로 회피하게 만드는 기술을 축적함으로써 사람의 침입을 방지해야 하는 무인경계시스템으로 확대 적용하는 것이 가능하기 때문에 국방분야 시장 개척도 추진할 수 있을 것으로 기대된다.

다. 제품 사업화계획

<표 38> 단계별 사업화 계획

1단계 (2013년)	- 로드킬 예방용 Eco-Fence 개발 사업화 기반마련 : 사업화를 위한 최적 설계 및 방안 도출 : 국토해양부의 특정 도로구간 시범사업
2단계 (2014년)	- 농촌 보급형 동물퇴치기 개발, 응용제품 다양화 검토 : 기존 제품 대비 특성 비교 및 Application 다양화 시도
3단계 (2015년)	- 다양한 제품출시 및 양산설비 가동 : 수출형 동물퇴치기 등 다양한 제품 판매 : 양산을 위한 재원확보, 설비도입 및 Line setup

<표 39> 사업화 년도별 투자계획

구 분		사업화 년도		
		(2013)년 (개발종료 해당년)	(2014)년 (개발종료 후 1년)	(2015)년 (개발종료 후 2년)
사업화 제품		로드킬 예방용 Eco-Fence	로드킬 예방용 Eco-Fence	보급형 동물퇴치기
투자계획(백만원)		1,200	600	600
판매 계획 (백만원)	내 수	4,600	19,750	51,000
	수 출	8,030	30,300	91,600
	계	12,630	50,050	142,600
수입대체효과(백만원)		1,263	5,005	14,260
고용 창출(명)		46	198	510

라. 제품의 가격경쟁력 확보방안

◎ 가격 경쟁력 확보방안

- 800만원/100m 대의 가격경쟁력

- ▶ 기존의 생태통로 조성은 한 곳당 10 ~ 20 억원이 소요되는 대규모 토목사업이면서 실제 운영효율은 낮은 것으로 알려져 있고 저수로 등과 연계한 유도펜스의 경우에는 저가형은 5만원/m이며 고가형은 12 ~ 20만원/m이므로 유도펜스의 평균단가가 92,700원으로 계산이 되며, Eco-Fence의 평균 단가인 8만원/m는 가격적인 측면에서 높은 경쟁력을 가진다.

▶ Eco-Fence 생산단가(예정)

<표 40> Eco-Fence 품목별 금액 검토

번호	품명	규격	수량	단가	금액	비고
1	레이더 센서	24GHz K-Band 연속파	2	110,000	220,000	위상 검출
2	초음파유닛	지향성 10W	1	150,000	150,000	
3	통신부	지그비	1	38,000	38,000	
4	태양전지	60W	1	250,000	250,000	
5	배터리	12V 18AH 무보수	2	52,000	104,000	
6	제어부	STM32F103	1	240,000	240,000	
7	케이스	사출	1	68,000	68,000	
소 계					1,070,000	

▶ 메인컨트롤러 생산단가(예정)

<표 41> 메인컨트롤러 품목별 금액 검토

번호	품명	규격	수량	단가	금액	비고
1	CPU부	RAM, Flash포함	1	286,000	286,000	
2	센터 송수신기	Wi-Fi 모듈	1	137,000	137,000	
3	Eco-Fence 송 수신기	지그비 모듈	1	38,000	38,000	
4	파워서플라이	SMPS 모듈	1	45,600	45,600	
5	허브	허브칩	1	50,000	50,000	
6	네트워크 카메라	1.3메가픽셀 HD, IR카메라	1	726,000	726,000	
7	운전자용 외부 LED	200mm 1단 12열	1	700,000	700,000	
8	월드 케이스		1	700,000	700,000	
소 계					2,682,600	

▶ Eco-Fence 및 메인컨트롤러 현장 설치비용(예정) : 1Km 설치비 : 66,913천원(13,382,600원/200m × 5 식)

<표 41> Eco-Fence 및 메인컨트롤러 200m 기준 단가

번호	품명	수량	단가	금액	관리거리	설치거리
1	메인컨트롤러	1	2,682,600	2,682,600	좌우로 100 미터씩 관리	200미터
2	일체형 발생기	10	1,070,000	10,700,000	좌우로 10 미터씩 관리	20미터
3	프로그램			0		
200m 기준 단가				13,382,600		

제 6장 참고문헌

- 송정석, 이경재, 기경석, 전익요, 2011, 포유류 로드킬 저감을 위한 고속도로 유도 울타리 효율성 및 개선방안 연구-중앙고속도로 만중~홍천 구간을 사례로 -, 한국환경생태학회지, pp. 649~657
- 송정석, 2009, 고속도로 야생동물 유도울타리 설치에 따른 포유류 로드킬 저감효과 연구 : 중앙고속도로 만중-홍천 구간을 사례로, 서울시립대학교, 석사학위논문.
- 중앙일보 (2009.08) 한 해 3000건 로드킬, 운전자 안전까지 위협한다
http://article.joinsmsn.com/news/article/article.asp?total_id=3728234
- 환경부(2006) 멸종위기 야생동.식물 증식.복원 종합계획 : 3-24
- 한국도로공사 (2008) 고속도로 정밀생태조사 및 야생동물교통사고 예방종합대책 연구 요약보고서, p. 28,
- 한국도로공사 (2008) 고속도로 정밀생태조사 및 야생동물교통사고 예방종합대책 연구, p. 208,
- 한국도로공사 (2011) 국정감사 자료
- 한국도로공사 (2010) 국정감사 자료
- 정양권, 최재호, 최석원 (2010) 로드킬 예방을 위한 야생동물보호시스템에 관한 연구, 한국전자통신학회논문지, 제5권 제6호, pp. 575~580
- 대구지방환경청(2004) 야생동물 이동통로의 설치현황과 국내외 설치사례보고서, pp. 7~42
- 한국자연환경연구소(2002) 생태통로설계지침마련 및 부대시설 설계기준 : 80~88
- 환경부(2006) 멸종위기야생동식물 증식·복원 종합계획
- 국립환경과학원(2006) 야생동물 Road-Kill 방지시설 설치기법 연구
- 환경부(2007) 도로의 야생동물 서식지 단절 정도의 분석과 road-kill의 원인 분석에 따른 도로유형별·동물종별 관리 기법 개발, pp. 183~185
- 환경부, 2010, 생태통로 설치 및 관리지침.
- 환경부, 2011, 2011년도 환경보전시책 추진상황 보고서
- 전북대 박성수(2007) 고속도로 입지유형별 Road-Kill 저감 방안
- 국립공원연구원 (2012) 국립공원 관통 도로의 야생동물 로드킬 발생과 생태통로 이용 현황, p.14.
- 국토해양부(2008) 도로현황 조서, pp. 1~127
- 국립환경인력개발원(2006) 야생동물 보호관리 환경교육교재, pp. 17~43
- 국립공원연구원(2009) 국립공원 야생동물 로드킬 예방대책 수립에 관한 연구
- 노용익 외 3인(2008), 웹 서비스 기반 로드킬 방지 시스템에 대한 연구, 정보처리학회논문지 D 제15-D권 제6호,
- 국립생물자원관(2008), 2007년도 야생동물 로드킬 발생현황, 환경부
- 김태식(2009), 도로 안전성 요인과 로드킬 방지시설의 가치평가에 관한 연구, 원광대학교 대학원(박사학위논문).
- 박창열 (2010) 국내기관의 야생동물 교통사고 관리실태 및 합리적인 저감 대책방

- 안, 서울시립대학교 석사논문
- 이용욱(2006), 지표중 생태통로 위치선정 방법에 관한 연구:GPS를 이용한 포유류 Road-kill 조사에서 나타난 환경요인과 생태적 특성을 고려하여, 전북대학교 대학원(석사학위논문).
- 한국발명진흥회(2011) 로드킬 예방을 위한 Eco-Fence 개발 기술가치평가서.
- 한국도로공사, 야생동물 교통사고예방대책, 녹색환경처 녹색환경팀,
http://www.ex.co.kr/portal/cus/public_relations/e-environment/wild_animals/191372_3493.jsp?clickParentNum=4&clickNum=54
<http://www.raccoon-x.com/ultrasonics.htm>
http://www.ex.co.kr/portal/opn/announcement/asses/igo_report/2010/1193349_4692.jsp?clickParentNum=3&clickNum=30&pageRow=10&startRow=1&strYear=2010&pageURL=/portal/opn/announcement/asses/igo_report/notice
<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0005351779>
<http://jangjh58.sitecook.kr/ab-151039-4>
- Forman, R. T. T., D. Sperling, J. A. Bissonette et al. (2003) Road ecology: science and solutions. Washington, DC: Island Press.
- Fraser, D. and E.R. Thomas (1982) Moose-vehicle accidents in Ontario: relation to highway salt. Wild. Soc. Bull. 10: 261-265.
- Finder, R.A., J.L. Roseberry and A. Woolf (1999) Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collision locations in Illinois. Landscape and Urban Planning 44: 77- 85.
- Knapp,K.K, (2004) Deer-VehicleCrash CountermeasureToolbox:A Decision and Choice Resource. Madison : Midwest Regional University Transportation Center Deer - Vehicle Crash Information Clearing house, p.263

부록 1. 동물 반응 조사

광릉수목원 멧돼지 현장반응 조사 실시
: 2011년 12월 2일



광릉수목원 고라니 현장반응 조사 실시
: 2011년 12월 2일



제주도 야생동물구조센터내 사육 노루 현장반응 조사 실시
: 2011년 12월 22 ~ 23일



제주도 야외 노루 현장반응 조사 실시
: 2011년 12월 24일



광릉수목원 고라니 2차 현장반응 조사 실시
: 1월 18일 설치 - 2월 10일 회수



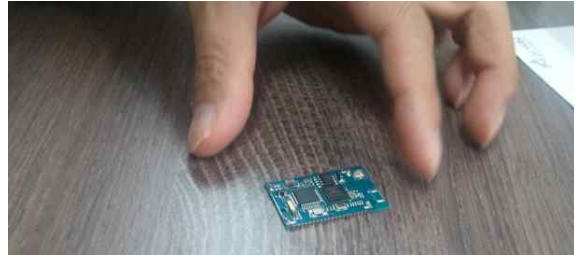
<현장 실험 결과 비교표>

대상 동물	실험 일시	실험 시간	연구 지역	반응 음파대	마릿 수	가족 군등	먹이 제공	반응정도	비고
고라니	2011년 12월 02일		광릉	25			무		
노루	2011년 12월 24일	0700 ~930	제주 영평 동	가청대 역		가족 군		감지못함	
	2011년 12월 23일	1630 ~170 0	제주 영평 동	10khz	2	가족 군(어 미와 새끼)	무	3초후 어미 먼저 이동후 새끼 따라감	
				비가청 대역					
	2011년 12월 24일		제주 영평 동	비가청 대역					
멧돼지	2011년 12월 02일		광릉						
포획 노루	2011년 12월 23일	1100 ~123 0	제주 야생 동물 구조 센터	10khz	2	새끼2 마리	제공	먹이먹다가음파발생장치 에다가가서 관심보이 고, 소리가 지속됨에 따 라 도망감. 암컷은 먹다 가 멈추고 회피함. 5초 정도 걸림, 수컷은 장치 에 다가간 후 반응보임.	수컷 : 강패이 작음. 암컷 : 아 음.
	2011년 12월 23일	1600 ~180 0	제주 야생 동물 구조 센터	비가청 초음파	2	새끼2 마리	제공	반응하지 않음	울타리에 장치를 설치하 여 타 효제 함.

부록 2. 사업화 추진 노력

○ 사업화 추진을 위한 지속된 단가 조절 노력

zigbee 모듈 업체와의 가격 협상 노력



<그림 93> 가격 협상 회의 사진

Zigbee 모듈의 1차 견적서



레이디오파스 주식회사
서울시 강동구 성내1동 111-6 한스빌딩 3층
대표전화: 02-478-2963~6
FAX: 02-478-2967
http://www.radiopulse.co.kr

에드윈아이티 귀중

아래와 같이 견적을 드립니다.

수신: 김재준 책임연구원
전화: 070-8233-8652
FAX: 김철선 차장(011-732-755)
발신: 2011-11-15
일차: 2011-11-15
견적번호: RP20111115-AI01

No	PIN	설명	수량	단가(W)	합계
1	LM2455-SE	Zigbee Module with CMJ Connector	10KPCS	₩30,000	₩300,000,000
소계					₩300,000,000
부가세					₩30,000,000
합계(부가세 포함)					₩330,000,000

* 유효기간: 발행일로부터 7일

* 납기: 발주 후 10주 이내 납품 가능

* 결제조건: 납품 전 현금결제조건

Zigbee 모듈의 2차 견적서



레이더오pulse 주식회사
서울시 강동구 성내1동 111-6 한스빌딩 3층
대표전화: 02-478-2963~6
FAX: 02-478-2967
http://www.radiopulse.co.kr

에드윈아이티 귀중

수신: 김태준 책임연구원님
전화: 070-8233-8862
FAX:
발신: 김형선 차장(011-73
일자: 2012-01-20
견적번호: RP20120120-AI01

아래와 같이 견적을 드립니다.

No	P/N	설명	수량	단가(W)	합계
1	LM2455-SE	Zigbee Module with CMJ Connector	10KPCS	₩15,000	₩150,000,000
소계					₩150,000,000
부가세					₩15,000,000
합계(부가세 포함)					₩165,000,000

단가(W)	합계
₩15,000	₩150,000,000
소계	₩150,000,000

* 유효기간: 발행일로부터 7일
* 납기: 발주 후 10주 이내 납품 가능
* 결제조건: 납품 전 현금결제조건

Zigbee 모듈의 가격 협상 결과

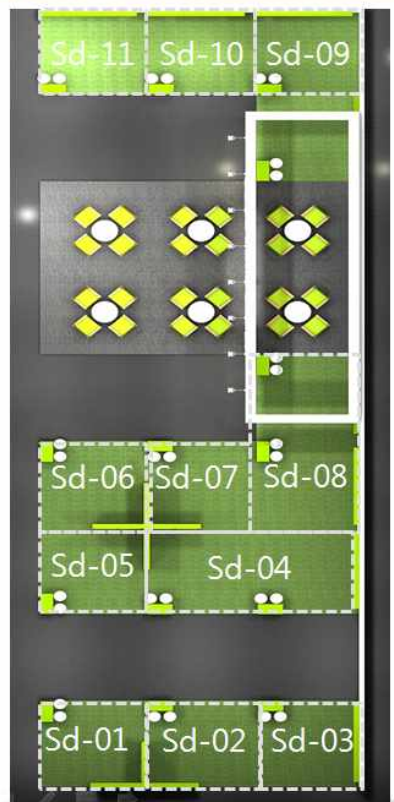


※ 10K 구매수량 기준 단가 30,000 원에서 15,000 원으로 가격 협의

부록 3. 전시회 참가

(1) 2012 국토해양기술대전 (2012. 6. 7 ~ 9)

III. Sd. 건설교통기술이전·투자유치관 부스배치 및 참가기관 리스트

부스No.	기관명
Sd-01	글로벌텔레콤
Sd-02	(주)삼우아이엠씨
Sd-03	광개토연구소
Sd-04	이앤에이치씨
Sd-05	세종이앤씨
Sd-06	차후
Sd-07	한국과학기술원
Sd-08	아주대학교 산학협력단
Sd-09	제니텀
Sd-10	에세텔
Sd-11	버츄얼빌더스

(2) 미래 인터넷 주간 전시부스 운영

○ 미래 인터넷 주간 전시회 참가(2012.09.13 ~ 14, 2일간)

미래 인터넷 주간 전시회 참가

2012년 9월 13일 ~ 14일



Eco-Fence 발생기 시연

동작감지 및 초음파 발생

- 센서 인식으로 연속된 이벤트 발생 시연
- 비정형 초음파 발생장치
- 냄새 환, LED 점등, 날개 퍼짐

시제품 전시 및 시연



통합제어시스템 시연

Eco-fence 감지 정보 연동

- MC/Eco-fence 정보연계 시연
- Eco-fence 센서감지 및 초음파 등 이벤트 발생현황 정보조회
- CCTV 촬영영상 확인

1차 구현내용 시연



부록 4. 연구결과 뉴스 방송

(1) 2012년 11월 8일 SBS 8시 뉴스 방송

국립산림과학원 연구내용과 부합한 시험결과로 SBS 뉴스 방송(12. 11. 8)

SBS 8시 뉴스 방송



옛날지, 소리로 퇴치



6월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞

방송 내용

Eco-Fence 발생기

- 농가 및 주택가에 피해를 주는 야생동물 퇴치 방법
- 초음파에 민감한 반응
- 특정 향에 뚜렷한 거부반응

2012. 11. 8 방송



8월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞



8월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞



8월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞



8월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞



8월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞



8월 10일, 서울특별시 강남구 삼성동, 삼성동 주민센터 앞

- 123 -

(1) 특허등록 : 제 10-1099421호



특 허 제 10-1099421 호

출원번호
(APPLICATION NUMBER)

출원일
(FILING DATE:YY/MM/DD)

등록일
(REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)

유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 무인 경계 시스템 및 방법

이앤에이치씨(주)(131411-0*****)

경기도 안산시 단원구 신길동 1121-2 정우벤처타운 106호

송동하(680601-1*****)

서울특별시 송파구 송파동 167 반도아파트 102동 1002호

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2011년 12월 21일



COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 12월 21일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

(2) 특허출원 : 제 10-2012-0045830호

특 허 출 원 서

협응형 운동체 퇴치 시스템 및 경계 정보 처리 방법

출 원 정 보	
출 원 번 호	10-2012-0045830
출 원 인	이앤에이치씨(주)
발 명 자	송동하
출 원 일 자	2012 년 04 월 30 일
정 구 항 수	총 16 항
주 요 기 한	
심사청구 기한	2017 년 04 월 30 일
PCT출원 기한	2013 년 04 월 30 일
우선권주장기한	2013 년 04 월 30 일

광개토국제특허법률사무소

TEL: 02-582-2805 FAX: 02-562-6674 Email: kgt@ipleader.com

www.ipleader.com

부록 6. Eco-Fence 시험성적서

the way to trust **KCL**

3174-9981-1932-1256

시험성적서

1. 성적서 번호 : CT13-21485
2. 의뢰자
 - 업체명 : 이앤에이치씨(주)
 - 주소 : 경기 안산시 단원구 신길동 1121-2 정우벤처타운 106
 - 의뢰일자 : 2013.02.14
 - 시험발급일 : 2013.03.28
3. 시험성적서의 용도 : 한국건설교통기술평가원 제출용
4. 시료명 : 에코펜스
5. 시험방법
 - (1) 첨부참조

확인	작성자 성명	박찬	기술책임자 성명	구완식
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.				

한국건설생활환경시험연구원



가산시험연구동 : 153-803 서울특별시 금천구 가산동 459-28 02-2102-2500
 결과문의 : 융합기술팀 ☎ (02)2102-2585

총 7페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(2)



시험성적서

성적서번호 : CT13-21485

1. 시험 결과

시험 항목	시험 결과	시험 방법
고온 시험 후 작동상태	발광	MIL-STD-810F : 2003 METHOD 501.4 Procedure I
	소음	
	프로펠러	
고온 시험 중 작동상태	발광	MIL-STD-810F : 2003 METHOD 501.4 Procedure II
	소음	
	프로펠러	
저온 시험 후 작동상태	발광	MIL-STD-810F : 2003 METHOD 502.4 Procedure I
	소음	
	프로펠러	
습도 시험 중 작동상태	발광	MIL-STD-810F : 2003 Method 507.4 Procedure I
	소음	
	프로펠러	
외곽의 방진보호 및 방수보호등급(IPX5)		이상 있음
외곽의 방진보호 및 방수 보호등급(IPX5) 시험 후 작동상태	발광	KS C IEC 60529 : 2006
	소음	
	프로펠러	

▶ 상기 시험조건에 따라 환경시험 및 진동충격시험을 실시한 후, 시료의 변형이나 파손 등 외관상의 이상 유무 및 발광부, 소음발생부, 프로펠러의 정상적인 작동상태 여부를 확인함.
(단, 시험에 따른 시료의 특성변화는 반환 시료와 같음.)

▶ 배터리 연결선을 분리하여 시험을 환경시험을 실시한 후 작동상태 확인 시 배터리 연결선을 체결하여 작동상태를 확인함. (배터리 연결선을 밀봉하여 시험 함)

▶ 상기 시험항목중 외곽의 방진보호 및 방수보호등급(IPX5) 시험은 ㈜원택에 위탁하여 시험한 결과임.

▶ 시료구분 : n1(외곽의 방진보호 및 방수 보호등급시험, 습도시험), n2(고온시험, 저온시험).

시험성적서

성적서번호 : CT13-21485

2. 시료 사진 및 시험장비 사진

시료사진		
전면	후면	배터리 연결선
		

시험장비사진	
항온항습기 - 제조사 : ESPEC CO.(JAPAN) - 모델명 : PSL-4KPH	항온항습기 - 제조사 : DAESUNG LEDTECH(KOREA) - 모델명 : J255/SA7M
	

총 6페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(2)

시험성적서

성적서번호 : CT13-21485

3. 시험 조건

3.1 고온시험 후 작동상태

온도 조건	시험 주기	비고
$(33 \pm 0.5) ^\circ\text{C} \rightarrow (30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	3 h	24 h, 7 cycle 후 작동상태 확인
$(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	1 h	
$(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C} \rightarrow (63 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	7 h	
$(63 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	2 h	
$(63 \pm 0.5) ^\circ\text{C} \rightarrow (30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	11 h	

3.2 고온시험 중 작동상태

온도 조건	시험 시간	비고
$(33 \pm 0.5) ^\circ\text{C} \rightarrow (30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	3 h	24 h, 3 cycle $(63 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ 에서 작동상태 확인
$(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	1 h	
$(30 \pm 0.5) ^\circ\text{C} \rightarrow (63 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	7 h	
$(63 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	2 h	
$(63 \pm 0.5) ^\circ\text{C} \rightarrow (30 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$	11 h	

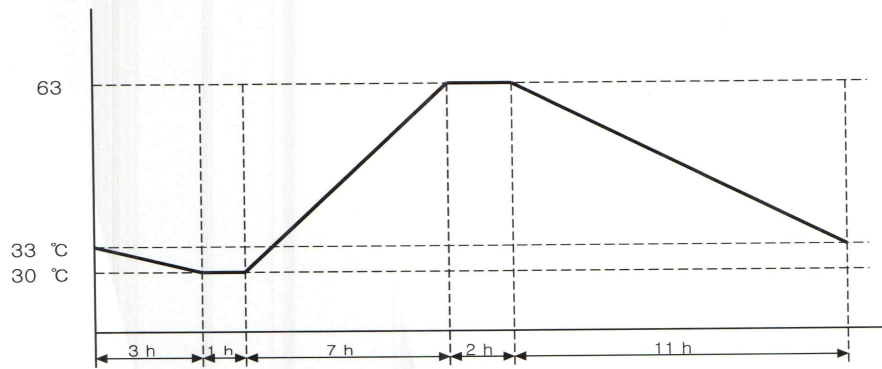


그림 1. 온도변화 그래프(고온 시험)

시험성적서

성적서번호 : CT13-21485

3.4 습도 시험 중 작동상태

온도 조건	습도	시험 시간	비고
$(20 \pm 2) ^\circ\text{C} \sim (60 \pm 2) ^\circ\text{C}$	$(95 \pm 5) \%$	24 h, 10 cycle	매 Cycle 의 20 h ~ 24 h 구간에서 작동 상태 확인

▶ $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 에서 습도 $(95 \pm 5) \%$ 로 24 시간 유지 후 시험 시작.

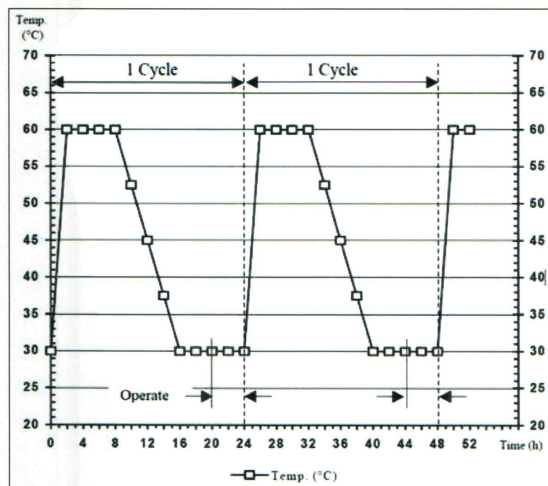


그림 3. 온도변화 그래프(습도 시험)

3.5 외곽의 방진보호 및 방수보호등급(IPX5)

항 목	내 용
제2특정수	5
시험조건	- 노즐의 내부직경 : 6.3 mm - 노즐에서의 유속 : $12.5 \text{ L/min} \pm 5\%$ - 노즐과 시료 표면 사이의 거리 : 2.5 m ~ 3 m - 최소시험시간 : 3 분
허용조건	- 장치의 정상적인 운전을 방해하거나 안전을 해칠 만큼 양이 많지 않아야 한다. - 연면 거리를 따라 트래킹을 일으킬 수 있도록 절연 부분 위에 물이 고여서는 안 된다. - 통상 젖은 상태에서 운전하도록 설계되지 않은 충전부나 권선에 물이 닿지 않아야 한다. - 전선의 끝에 고이거나 전선 안으로 물이 들어가지 않아야 한다.

----- 이 하 여 백 -----

부록 7. 메인 컨트롤러 시험성적서

부록 8. 기술가치평가서

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통 R&D 정책인프라사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통 R&D 정책인프라사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.